

Janne Antila

# Suunnittelutiedon vaihto suunnittelijan ja tilaajan välillä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Maanmittaustekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

13.5.2013

Tekijä Otsikko	Janne Antila Suunnittelutiedon vaihto suunnittelijan ja tilaajan välillä
Sivumäärä Aika	43 sivua + 2 liitettä 13.5.2013
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	maanmittaustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaajat	yliopettaja Päivi Jäväjä johtava konsultti Anssi Savisalo
<p>Insinööri työ käsittelee suunnittelutiedon vaihtoa suunnittelijan ja tilaajan välillä. Työ tehtiin osana RYM Oy:n PRE-tutkimusohjelman BIMCity-työpakettia. Työ toteutettiin FCG Finnish Consulting Group Oy:lle. Insinöörityön tarkoituksena oli selvittää, kuinka tietomallipohjaista suunnitteluaineistoa hyödynnetään nykypäivänä monialaisessa suunnittelutyössä. Pääpainona tutkimuksessa oli selvittää yleistyneiden tai helposti käyttöönotettavien tiedostomuotojen ja työkalujen käyttöä niin, että asianosaisilla olisi mahdollisuus hyödyntää sitä tietotaidon puutteesta huolimatta. Tutkimuksessa keskityttiin PDF- ja DWF-formaatteihin, mutta myös IFC- ja LandXML-formaatit esitellään. Yrityksessä ei ole aikaisemmin kokeiltu tulostusta 3D-PDF- ja DWF-formaatteihin.</p> <p>Insinöörityössä käytettiin kvalitatiivisen tutkimuksen menetelmiä. Työ aloitettiin tutustumalla keskeiseen lähdemateriaaliin. Haastatteluilla yrityksen sisällä kartoitettiin suunnittelijoiden tiedon vaihdon menetelmiä. Eri alojen suunnitteluohjelmilla laadittujen aineistojen tulostuksessa PDF-, DWF- ja IFC-formaatteihin selvitettiin, kuinka helppoa tulostus on ja mitä ominaisuustietoa aineistosta voidaan tallentaa.</p> <p>Insinöörityön pohjalta voidaan havaita, mitkä tiedostoformaatit toimivat parhaiten tutkittujen suunnitteluohjelmien kohdalla, jääkö tiedostoon objektien ominaisuustietoa ja pystytäänkö 3D-mallissa liikkumaan vapaasti.</p> <p>Tuloksista nähdään 3D-PDF- ja DWF-formaattien osalta, että tarjolla ei toistaiseksi ole yhtä formaattia, joka tarjoaisi kaikista tarkastelluista suunnitteluohjelmista tulostettaessa taso-, objekti-, kommentointi- ja 3D-ominaisuuksia. Oikeaa tulostusformaattia valittaessa joudutaan tekemään kompromisseja kyseisten ominaisuuksien kohdalla tai käyttämään useampaa formaattia eri suunnitteluohjelmista tulostettaessa.</p>	
Avainsanat	tietokoneavusteinen suunnittelu, tiedonsiirto, tiedostoformaatti, tietomalli

Author Title	Janne Antila Exchange of Design Data Between the Planner and the Client
Number of Pages Date	43 pages + 2 appendices 13 May 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Land Surveying
Specialisation option	
Instructors	Päivi Jäväjä, Principal Lecturer Anssi Savisalo, Leading Consultant
<p>This thesis is about exchange of engineering data between planner and client. The thesis is a part of BIMCity project which belongs to RYM Oy's research program PRE. The thesis was made for FCG Finnish Consulting Group Oy. The purpose of the thesis was to clarify how the building information modeling has been adopted to the workflow in multi-disciplinary planning work. The purpose was also to investigate which file formats are the best ways to represent rich engineering data so that a party can take advantage of it despite the lack of expertise in the field. The main focus was on PDF and DWF file formats but IFC and LandXML file formats are also presented.</p> <p>The research method was qualitative. The study was started by familiarizing with the source material. Interviews inside the company were made to chart the planners' ways to relay engineering data. Exporting planning data to PDF, DWF and IFC file formats was made because there was need to know what data can be saved and how easy the exporting is.</p> <p>The thesis shows which file formats work best with researched computer-aided design software. Whether any objects data is saved and whether it is possible to move around freely in 3D model.</p> <p>The results show that 3D-PDF or DWF files do not support level, object, comment or 3D features in all design software used in this thesis. Compromises have to be made when choosing the right file format for exporting rich design data. Otherwise multiple file formats have to be used.</p>	
Keywords	Computer-aided Design, Data Transfer, File Format, Building Information Model

# Sisällys

## Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
1.1	Esipuhe	1
1.2	Työn sisältö	2
1.3	Yrityksen esittely	3
1.4	Insinööriyön taustaa	5
1.5	Insinööriyön tavoitteet ja rajaukset	5
1.6	Aineisto ja menetelmät	6
2	Suunnittelutiedon sisältö	7
2.1	Tiedonsiirto normaalitapauksessa	7
2.2	Rikas suunnitteluaineisto	7
2.3	Monialainen suunnittelu	8
3	Tiedostoformaattit	9
3.1	Taustaa	9
3.2	PDF-formaatti	9
3.3	DWF	10
3.4	IFC	11
3.5	LandXML	11
3.6	Formaattien ominaisuudet ja vertailu	12
4	Katseluohjelmat	14
4.1	Adobe Reader ja Acrobat	14
4.2	Bluebeam Revu eXtreme	14
4.3	Autodesk Design Review	15
4.4	Tekla BIMsight	15
4.5	Käyttökokemukset	16
5	Suunnitteluprosessi	17
5.1	Yleisesti	17
5.2	Tietomallinnus suunnitteluprosessissa	17
5.3	Haastattelut	19

5.3.1	Sisäiset haastattelut	19
5.3.2	Ulkoinen haastattelu	21
5.4	Haastattelujen johtopäätökset	22
6	Suunnitteluaineisto ja tulostus eri tiedostoformaatteihin	22
6.1	Tekla Structures	23
6.2	Bentley MicroStation	27
6.3	Novapoint	30
6.4	MagiCAD	31
6.5	Autodesk Revit Architecture	33
6.6	Tulostusten yhteenveto	35
7	Johtopäätökset ja suositukset	38
	Lähteet	41
	Liitteet	
	Liite 1. Sisäiset haastattelukysymykset	
	Liite 2. Ulkoiset haastattelukysymykset	

## Lyhenteet ja käsitteet

Adobe Systems	Monikansallinen yritys. Digitaalisen sisällön tuottamiseen, hallinnointiin ja jakamiseen tarkoitettujen ohjelmistojen kehittäjä.
Autodesk	Monikansallinen yritys. 3D-suunnitteluohjelmistojen kehittäjä.
Bentley Systems	Infrastruktuurialan suunnitteluohjelmia valmistava yritys.
BIM	<i>Building Information Model</i> . Rakennuksen tuote- tai tietomalli.
BIMCity	<i>Simulation platform for IFC based technologies and solutions</i> . PRE-tutkimusohjelman työpaketti.
Bluebeam	PDF-ohjelmia valmistava ja markkinoiva yritys.
DGN	<i>Design</i> . Bentley Systemsin kehittämä tiedostoformaatti suunnitteluaineiston laatimiseen.
DWF	<i>Design Web Format</i> . Suunnitteluaineiston esittämiseen kehitetty tiedostoformaatti.
IFC	<i>Industrial Foundation Classes</i> . Tiedonsiirtostandardi rakentamisen ja kiinteistönpidon tuotetietojen tiedonsiirtoon ja yhteiskäyttöön.
LandXML	<i>Extensible Markup Language</i> . Tiedonsiirtostandardi infra-alan suunnitteluun.
lähtötietomalli	Lähtötiedon pohjalta laadittu tietomalli.
MagiCAD	Program Oy:n kehittämä ohjelma LVI-suunnitteluun.
MicroStation	Bentley Systemsin kehittämä ohjelma CAD-aineiston luontiin.

natiiviformaatti	Tietokoneohjelman oma tallennusmuoto.
Novapoint	Vianova Systemsin kehittämä yhdyskuntatekniikan ohjelmistoratkaisu.
objektitieto	Objektipohjaisessa mallintamisessa tai tuotemallintamisessa asioita kuvataan objekteilla, joilla on ominaisuuksia, sekä relaatioita (yhteyksiä) toisiin objekteihin.
PDF	<i>Portable Document Format</i> . Tiedostoformaatti dokumentaation esittämiseen.
PRE	<i>Built Environment Process Re-engineering</i> . RYM Oy:n ensimmäinen vuosina 2010–2013 toteutettava tutkimusohjelma.
Revit Architecture	Ohjelmisto rakennusten tietomallintamiseen arkkitehdeille ja rakennusinsinööreille.
Revu	Bluebeamin valmistama ohjelma PDF:n luontiin ja muokkaamiseen.
tiedostomuoto	Kuvaa tallennetun tiedoston rakennetta.
tietomallinnus	<i>Information Modelling</i> . Kolmiulotteinen suunnitelma, joka sisältää tietoa käytetyistä objekteista.
Tekla Structures	Teklan kehittämä ohjelma rakennuksen tietomallintamiseen.
yhdistelmämalli	Hankkeen kaikkien suunnittelualojen laatimien mallien esittäminen samassa tietomallissa.

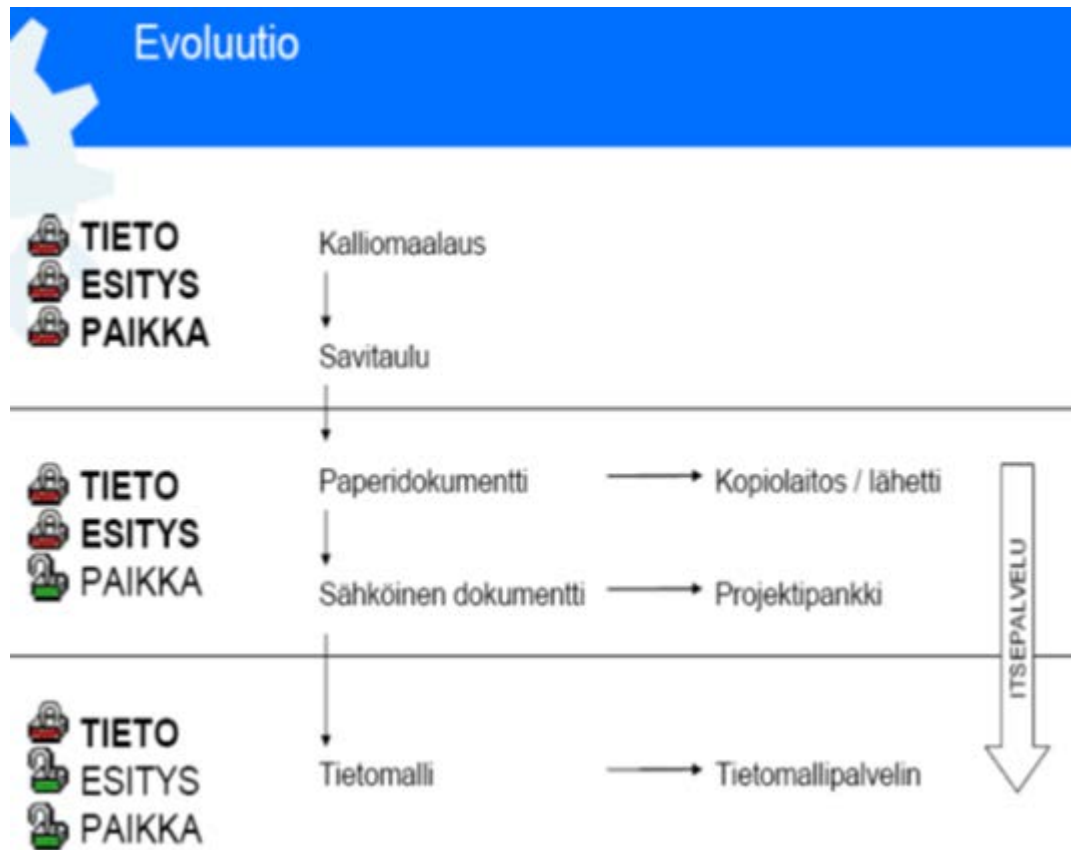
# 1 Johdanto

## 1.1 Esipuhe

Tämä työ käsittelee suunnittelutiedon vaihtoa suunnittelijan ja tilaajan välillä. Työn tarkoituksena on selvittää tämän päivän suunnitteluaineiston vaihdon välineitä suunnittelijoiden kesken sekä suunnittelijan ja tilaajan välillä. Lisäksi tarkoituksena on selvittää, miten tietomallinnuksen tuomia etuja on otettu käyttöön suunnitteluaineiston vaihdossa ja mihin suuntaan kehitys näyttää olevan menossa.

Insinööri työn aiheen valintaan vaikutti sen suuri merkitys tämän päivän ja tulevaisuuden suunnittelulle. Varsinkin kehittymässä oleva tietomallinnus on ottamassa harppauksia kohti vakiintuvaa roolia suunnittelussa. Tämä taas vaikuttaa suunnitteluaineiston vaihtoon ja sen sisällöstä tapahtuvaan kommunikointiin. Ennen suunnitelmat tulostettiin paperille ja lähetettiin työmaille ja tilaajille lähettien avulla pahvikoteloon pakattuna (kuva 1). Sitten on siirrytty PDF-tiedostoihin ja sen hallitsevaan asemaan dokumentaation välitysmuotona. Tietomallintamisen tuoman laadukkaamman ja tarkemman suunnittelun myötä, on tullut tarpeelliseksi myös esittää suunnitteluaineisto suunnittelu-palavereissa ja työmailla havainnollisemmin 3D-mallina, ja tarjota tarkasteluun yksittäisiä kohteita ja rakenteiden ominaisuustietoja. Työmaalla viikko- tai päiväkatsauksesta voidaan tarkastella päivitettyä tilannekuvaa ja päivän työtehtävää. Tämä ei ole aikaisemmin onnistunut. PDF-tiedostossa pystytään nykyisin esittämään malli 3D-muodossa, mutta mihin suuntaan tarjonta ja kysyntä ovat kehittyneet? Kilpailevia rikkaan suunnitteluaineisto tiedostoformaatteja ja katseluohjelmia on tullut markkinoille.





Kuva 1. Tiedonsiirron kehittyminen. Lukot kuvaavat, onko tieto milläkin osa-alueella (tieto, esitys ja paikka) siirrettävissä. (1.)

## 1.2 Työn sisältö

Ensimmäisessä luvussa esitellään insinööriyön tilannutta FCG Finnish Consulting Group Oy:tä ja BIMCity-hanketta, jossa FCG on osallisena. Muissa luvuissa kuvataan tämän työn tausta, tavoitteet, rajataan näkökulmat ja tarkasteltavat kohteet. Lisäksi kerrotaan, minkälaista aineistoa työssä käytettiin ja miten aineisto kerättiin.

Myöhemmin kuvataan, minkälaista tiedonsiirto on perinteisessä tapauksessa ja kuinka suunnitteluaineistoa on tähän mennessä välitetty. Lisäksi luodaan katsaus myös siihen, millaista on rikas tiedonsiirto ja mitä se pitää sisällään. Nykypäivän tietomallinnus ja pilottihankkeet ovat viemässä suunnitteluaineiston vaihtoa yhä enemmän rikkaan tiedonsiirron suuntaan.

Työssä vertaillaan myös insinööriyön kannalta tärkeimpiä tiedostoformaatteja, jotka ovat PDF ja DWF. Perinteisesti tietomallinnukseen liitetyt tiedostomuodot IFC ja

LandXML esitellään myös. Lisäksi kerrotaan, minkälaisista tiedostoformaateista on kyse, mitä niiden ominaisuuksiin kuuluu ja mitkä niiden ensisijaiset käyttötarkoitukset ovat. Vertailua helpottaa luvun lopussa oleva kaavio. Erikseen käsitellään työssä tarkasteltujen PDF-, DWF- ja IFC-tiedostoformaattien katseluohjelmia sekä niiden käyttöliittymän tarjoamia ominaisuuksia.

Suunnitteluprosessista ja sen vaiheista kuvataan mitä nykypäivän hankkeet pitävät sisällään ja hyödynnetäänkö tietomallinnusta. Asiaa tarkastellaan yrityksen eri asiantuntijoiden kanssa käytyjen haastattelujen pohjalta. Ulkopuolisen asiantuntijan haastattelu tuo aiheeseen tilaajan näkökulman.

Raportin loppuosio keskittyy suunnitteluaineiston tulostukseen eri tiedostomuotoihin. Työssä tarkastellaan, millä tavalla käytetyimmistä ohjelmista (Tekla Structures, Bentley MicroStation, Vianova Novapoint, MagiCAD ja Autodesk Revit Architecture) pystytään tulostamaan PDF- ja DWF-muotoon sekä Tekla Structures -ohjelmasta IFC-muotoon. Samalla selvitetään mitä ominaisuustietoa tiedostoihin jää ja onko ohjelmistorajoitteita havaittavissa.

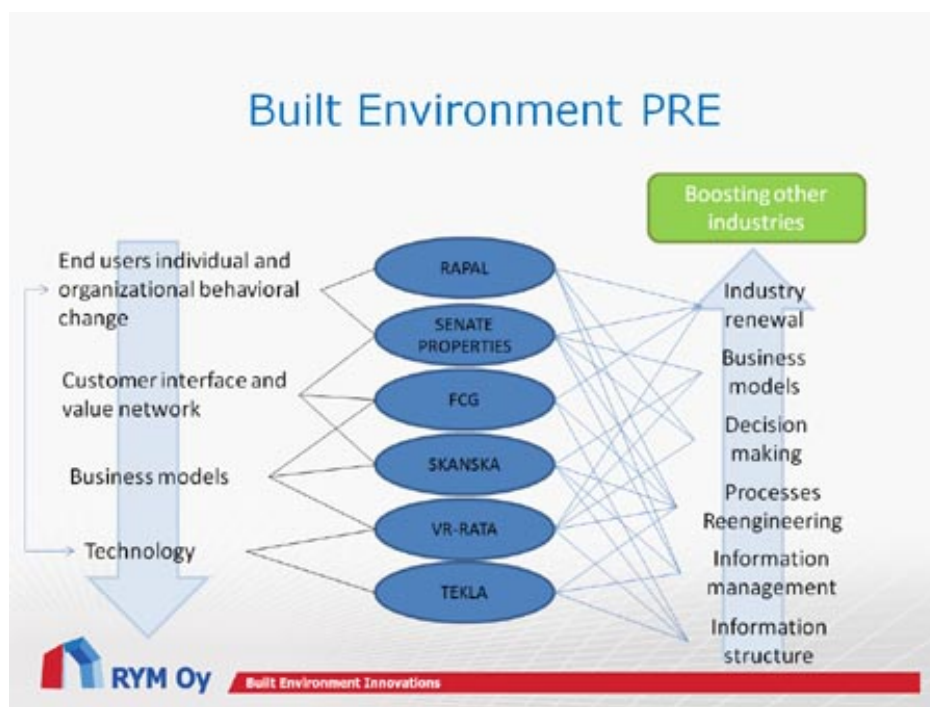
Lopussa tiivistetään tutkitut asiat yhteen. Päätelmäosiossa kerrotaan, kuinka tulostukset onnistuivat ja miten tutkitut tiedostoformaatit suoriutuivat tulostuksissa.

### 1.3 Yrityksen esittely

Insinööritoiminta tehtiin osana BIMCity (Simulation platform for IFC based technologies and solutions) -työpakettia, joka on osa RYM Oy:n vetämää PRE-tutkimusohjelmaa (Built Environment Process Re-engineering).

RYM Oy perustettiin vuonna 2009, ja sen tarkoituksena on edistää Suomen innovaatiojärjestelmää muiden SHOK-yhtiöiden (strategisen huipputoiminnan keskittymä) tavoin. RYM Oy:n tutkimuskohteet keskittyvät rakennetun ympäristön suunnitteluun. Osakkaita yrityksessä on yhteensä 53: useita kiinteistö- ja rakennusalan toimijoita, neljä kaupunkia ja kuusi yliopistoa, tutkimuslaitosta tai ammattikorkeakoulua. SHOKin tarkoituksena on innovoida, tutkia ja kehittää yhdessä alan yritysten kanssa, jotta jokainen voisi kehittää kilpailukykyään, toimintaprosessejaan, tuotteitaan ja palvelujaan. (2.)

PRE-tutkimusohjelma koostuu kuudesta työpaketistä, joista yksi on BIMCity. PRE-ohjelman tarkoitus on uudistaa toimintatapoja ja liiketoimintamalleja, jotka vallitsevat kiinteistö-, rakennus- ja infra-alalla. BIMCity-työpaketin teemana on rakennetun ympäristön digitaalisten mallien jakaminen, arviointi ja tietomallipohjaisten työskentelymenetelmien kehittäminen erityisesti kaupunkisuunnittelussa. Tarkoituksena on tunnistaa yhteisiä toimintamalleja maankäytön ja rakentamisen tietokannoille, tuoda tietomallinusta tutummaksi suunnittelutyössä ja kehittää tiedonvaihtoa. Työpaketin veturiyhtiysenä toimii FCG. Muita työpaketissa mukana olevia yrityksiä ovat WSP Finland, Solibri, Vianova, AX Konsultit, M.A.D. Mukana olevat tutkimuslaitokset ovat Metropolia, Tampereen teknillinen yliopisto ja VTT. (3.)



Kuva 2. PRE-työpaketin strateginen suunnitelma (2).

FCG Finnish Consulting Group on koulutukseen ja konsultointiin keskittynyt monialainen konsulttiyritys. Yritys tarjoaa palveluja infra-, ympäristö- ja yhdyskuntasuunnittelun, koulutuksen ja osaamisen konsultoinnin, sekä kansainvälisen kehityskonsultoinnin saralla. FCG-konsernin alaisuuteen kuuluvat FCG Koulutus ja konsultointi Oy, FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy, FCG Tietojohdaminen Oy ja FCG International Ltd. Vuoden 2011 osalta FCGn asiakkaita olivat pääasiassa julkishallinto, mutta myös yksityinen sektori. FCG-konserni perustettiin vuonna 2005. Vuonna 2011 konsernissa työskenteli

hieman yli 700 henkilöä. Insinööritö tehdään FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy:n Infra- ja aluesuunnittelun -osastolle. (4.)

#### 1.4 Insinööritöön taustaa

Tietomallipohjainen suunnittelu on kehittynyt merkittävästi viime vuosien aikana. Markkinoille on tullut uusia ohjelmistoja mallintamiseen ja mallien käsittelyyn. Yhä useampi rakennuttaja vaatii projekteissa mallintamista. Tietomallipohjaisella työskentelyllä saavutettavia etuja ovat mm. eri suunnittelualojen integroitu yhteistyö ja suunnitteluprojektin tehostettu johtaminen, rakennustyömaiden aikataulujen luonti, määräluetteloiden luonti, erilaiset törmäystarkastelut ja suunnitelmien yhteensovittaminen. Mallissa voidaan esimerkiksi tarkastella, sopivatko suunnitellut laitteet rakennuksen tiloihin. Kun kaikki tahot pääsevät käsiksi malliin, pystytään varmistamaan yhdenmukaisten suunnitelmien aikaansaaminen. Rakennuksen tietomallintamisen ja perinteisen CAD-mallintamisen viivoihin verrattuna, aineisto rakentuu objekteista ja tuoterakenteista, joiden ominaisuustietoa pystytään tarkastelemaan ja lisäämään. Infrastruktuurin tietomallintamisen puolella malli rakentuu myös pinnoista. (5, s.16, 48–49, 51.)

Tietomallintamisen yleistyessä tulee ajankohtaiseksi ratkaista, kuinka mallinnettu aineisto välitetään tehokkaasti suunnittelijoiden kesken, suunnittelijan ja tilaajan ja muiden sidosryhmien välillä. Toisella osapuolella ei aina välttämättä ole valmiuksia käsitellä tietomallia. Tehokkainta olisi, jos asiakas pystyisi avaamaan tiedoston, tarkastelemaan eri tasoja ja objektien ominaisuuksia ja kommentoimaan suoraan tiedostoon. Tämän jälkeen asiakas lähettäisi tiedoston takaisin suunnittelijalle, ja suunnittelija pystyisi korjaamaan asiakkaan tekemät huomiot siirtotiedostosta tai kopioimaan ne suoraan alkuperäiseen malliin. Näin välttyttäisiin paperille tehdyistä epäselvistä korjauksista.

#### 1.5 Insinööritöön tavoitteet ja rajaukset

FCG-konsernin siirtyessä Suomessa ensimmäisten joukossa tietomallipohjaiseen suunnitteluun on tarpeen selvittää, missä formaatissa sekä infra- että talosuunnittelun tietoa (IFC- ja LandXML) sisältävää rikasta tietosisältöä tulee välittää suunnittelijan ja tilaajan välillä. Työssä tutkitaan, onko suunnittelutiedon välittämisessä jo pitkään toimi-

nut PDF-muotoinen dokumentaatio 3D-muotoon kehitettynä paras vaihtoehto vai onko DWF-formaatissa parempia ominaisuuksia. Vai onko kumpikaan soveltuva monialaisen hankkeen tiedon vaihtoon? Samalla tutkittiin katseluohjelmia Design Review, Adobe Acrobat, Adobe Reader, Bluebeam Revu eXtreme ja Tekla BIMsight ja perehdyttiin niiden ominaisuuksiin suunnitteluaineiston tarkastelussa. Näistä ohjelmista Adobe Acrobat ja Bluebeam Revu ovat maksullisia ammattilaisten työkaluja.

Työ on rajattu käsittelemään PDF- ja DWF-tiedostoformaatteja tiedonsiirron välineinä. Näihin siirtotiedostomuotoihin voidaan tuoda sekä talosuunnittelussa tuotettavaa IFC-muotoista aineistoa että katujen ja kunnallistekniikan suunnittelussa käytettyä LandXML-aineistoa. Työssä myös esitellään IFC ja LandXML -tiedostoformaatit, jotka ensisijaisesti yhdistetään tietomallipohjaiseen suunnitteluun. Tiedostoformaattien ominaisuuksien lisäksi tarkastellaan, mistä merkittävimmistä suunnitteluohjelmista pystytään tulostamaan PDF- ja DWF-tulosteita ja katoaako tulostettaessa tiedostoista jotain ominaisuuksia. Tekla Structuresta tulostettiin myös IFC-muotoon. Niissä suunnitteluohjelmissa, joissa ei ollut esiasennettuna DWF-tulostinta, tarvittiin DWF Writer -ohjelma tulostuksia varten. Suunnittelutietoa ja -prosessia tarkastellaan suunnittelijan ja tilaajan näkökulmasta.

## 1.6 Aineisto ja menetelmät

Työtä varten kerättiin aineistoa niin Internetistä saatavista artikkeleista kuin kirjallisista lähteistä. Aineistoa löytyi hyvin. Oli kuitenkin huomioitava kehittyvä tietotekniikka, eikä vanhoja julkaisuja voinut välttämättä pitää kovin luotettavina.

Aineistoa koottiin myös haastattelemalla yrityksen sisältä eri alojen asiantuntijoita. Haastattelujen avulla selvitettiin heidän kokemuksiaan tutkimuksessa käsiteltävistä tiedostoformaateista ja suunnitteluaineiston vaihdosta.

## 2 Suunnittelutiedon sisältö

### 2.1 Tiedonsiirto normaalitapauksessa

Suunnittelija–asiakas-suhteessa suunnittelu lähtee liikkeelle asiakkaan hankkeesta ja toiveista. Kun ajankohtaiseksi tulevat ensimmäiset luonnokset suunnitteluaineistosta, suunnittelija useimmiten tulostaa työn PDF-muotoon ja lähettää tiedoston asiakkaalle sähköpostitse. Alkuperäistä suunnitteluaineistoa ei yleensä lähetellä, sillä tiedostokoot saattavat olla hyvin suuret, alkuperäisen suunnitteluaineiston tietoturva saattaa vaarantua ja asiakkaalla voi olla puutteellinen tietotaito käyttää suunnitteluohjelmia. Kun asiakas saa luonnoksen, hän tyypillisesti tulostaa luonnoksen paperille ja merkitsee kynällä kommentoiden ja piirtäen huomiot paperiin. Tämän jälkeen hän skannaa paperin ja lähettää sen takaisin suunnittelijalle. Vaihtoehtoisesti asiakas tekee kommentit suoraan PDF-tiedostoon kommentti-työkalulla. Saatuaan tiedoston takaisin, suunnittelija tekee muutokset asiakkaan kommenttien pohjalta. Varsinkin ensimmäisellä kuvatulla tavalla kommentointi on aikaa vievää, eikä suuria suunnitelmia pystytä tarkasti käsittelemään. Piirretyt tarkennukset voivat myös olla epäselviä ja jättää tulkinnan varaa.

### 2.2 Rikas suunnitteluaineisto

Perinteisesti tiedonsiirto on tapahtunut PDF-tiedostojen avulla. Tämä sen takia, että vastaavilla ominaisuuksilla olevaa tiedostoformaattia ei ole ollut markkinoilla. PDF-tiedoston heikkous on kuitenkin suunnitteluaineiston esittäminen pelkkinä viivoina. Aineistosta ei saada minkäänlaista ominaisuustietoa. Autodeskin kehittämä DWF-formaatti lupaa kuitenkin säilyttää suunnitteluaineiston ominaisuustietoa, koska kyseinen formaatti on kehitetty suunnitteluaineiston esittämiseen. Jotta ominaisuustietoa voidaan tarkastella, tarvitaan sitä varten kehitetty katseluohjelma aineiston tarkasteluun. DWF-formaatin tapauksessa tämä onnistuu ilmaisella Design Review-ohjelmalla. Tietomallintamisen tullessa yhä vahvemmin esille suunnittelussa, muodostuu tarve myös rikkaan suunnitteluaineiston välittämiseksi. Rikas suunnitteluaineisto mahdollistaa asiakkaalle objektien ominaisuuksien tarkastelun ja 3D-mallissa vapaan liikkumisen. Yhä useamman tilaajan vaatiessa tietomallinnusta suunnittelussa tulisi myös tiedonsiirrossa hyödyntää rikasta suunnitteluaineistoa.

### 2.3 Monialainen suunnittelu

Hankkeet käsittävät harvoin yhden alan vaatimaa suunnittelua. Saattaa myös olla, että hankkeen lähtötieto saadaan toisen alan suunnittelijalta tai että valmis suunnitelma luovutetaan edelleen seuraavalle suunnittelijalle lähtötiedoksi. Tämä asettaa omat vaatimuksensa suunnittelijoiden väliselle kommunikoinnille. Tiedonvaihto on helpompaa, jos hankkeen kaikki suunnittelijat tulevat samasta yrityksestä, kuin että suunnittelun osa-alueet ovat jakaantuneet eri yritysten kesken. Mikäli jälkimmäisessä tapauksessa kommunikointia ei ole hoidettu hyvin, saatetaan joutua ongelmiin muun muassa hankkeen aikataulun kanssa. Välttämättä ei tiedetä, missä vaiheessa toinen suunnittelija on tai onko hän huomionnut toisen suunnittelualueen vaatimukset. Projektipäällikön vastuulla onkin koordinoita sitä, että eri alojen suunnittelijat saavat tiedon toistensa tuloksista ja että hanke menee eteenpäin sovitussa aikataulussa. (6.)



Kuva 3. Monialaisessa suunnitteluprojektissa eri alojen suunnittelijat kommunikoivat keskenään yhteisen määränpään saavuttamiseksi. Kullakin toimialalla on myös tarve yhteydenpitoon suoraan asiakkaan kanssa.

### 3 Tiedostoformaattit

#### 3.1 Taustaa

Tässä työssä perehdytään tutkimaan PDF- ja DWF-tiedostoformaattia dokumentaation välityskkeinona. Tarkoituksena on selvittää, näiden kahden tiedostoformaatin ominaisuudet ja kumpaa kannattaisi käyttää suunnitteluaineiston välittämiseen. PDF-tiedostoa on pidetty jo pitkään yksinvaltiaan asemassa sähköisen dokumentaation saralla, mutta DWF-tiedosto haastaa sen erityisesti suunnittelupiirrosten esittämisen osalta. Työssä esitellään myös tietomallintamiseen yhdistetyt IFC- ja LandXML-tiedostoformaattit.

#### 3.2 PDF-formaatti

Adobe Systemsin kehittämä PDF-tiedostomuoto (Portable Document Format) pohjautuu PostScript-kieleen. Vuodesta 1993 alkaen kehitetty tiedostomuoto on saavuttanut 1.7 version, joka on ISO 32000 -hyväksytty. Alun perin PDF suunniteltiin korvaamaan toimistojen paperiarkistot. Tästä syystä PDF soveltuu loistavasti tekstin julkaisuun. Useat tahot ovat valinneet PDF-tiedoston viralliseksi arkistointi- ja julkaisuformaatiksi, mikä tekee siitä hyvin suosittua. (7, s. 4–5.)

PDF-tiedostojen avaamiseen tarvitaan vähintäänkin Adoben Reader -ohjelma, jolla pystyy lukemaan PDF-tiedostoja. Adobe Acrobat -ohjelmalla onnistuu myös PDF-tiedoston muokkaaminen. Vaihtoehtoisesti voidaan valita myös kolmansien osapuolien kehittämiä PDF-ohjelmia. PDF:n suurin etu on sen ohjelmistoriippumattomuus ja siirrettävä tiedostomuoto. Tämä tarkoittaa, että PDF-tiedoston ulkoasu säilyy samana eri koneella tai käyttöjärjestelmällä avattuna. Tiedostoon itsessään sisältyvät tiedot käytetyistä kirjasimista ja niiden ominaisuuksista, kuten koosta ja tyylistä. (7, s. 5–7; 8.)

Adobella oli suunnitelma 3D-CAD-aineiston esittämiseen PDF-muodossa. Hanke kumminkin kaatui, kun CAD-ohjelmien kehittäjät halusivat tukea omia formaattejaan, kuten JT, 3DXML, DWF ja eDrawings. Vuonna 2009 Adobe päätti lopettaa 3D-PDF:n kehittämisen ja ulkoisti sen. Kehitys siirtyi loppukäyttäjille suunnatun 3D-lisäosan osalta Tetra4D:lle ja ohjelmistokehittäjille suunnattu 3D-PDF kehitys Tech Soft 3D:lle. (9.)



Adobe Acrobat tukee U3D- ja PRC-tiedostoformaatteja, joilla esitetään 3D-aineistoa. U3D (Universal 3D) on 3D-aineiston esittämiseen tarkoitettu tiedostomuoto, jonka voi liittää PDF-tiedostoon. PRC (Product Representation Compact) on vastaavanlainen tiedostoformaatti kuin U3D. Molemmilla formateilla luotuja 3D-PDF-tiedostoja pystyy tarkastelemaan Adobe Reader 7:llä ja uudemmilla versioilla. (10.)

Eri käyttötarpeisiin on kehitetty PDF-standardit, joiden tarkoitus on tukea eri alojen tarpeita. Standardeilla on omat, hieman erilaiset ominaisuudet eri käyttötarkoituksiin. Standardit ovat ISO-hyväksytyjä. Suunnitteluaineiston kannalta merkittävimmät standardit ovat PDF/A ja PDF/E. PDF/A on arkistointiin käytetty standardi. PDF/E taas suunnitteluaineiston esittämiseen. (7, s. 29.)

### 3.3 DWF

Autodeskin vastaava tiedostomuoto DWF (Design Web Format), on luotu CAD-piirustusten esittämiseen ja julkaisuun. DWF on pakattu tiedosto Autodeskin ohjelmien suunnittelutiedostosta. DWF-tiedoston avulla henkilöt, joilla ei ole aikaisempaa kokemusta CAD-ohjelmista voisivat tarkastella, kommentoida ja tulostaa piirroksia. Pakatun DWF-tiedoston etuna on huomattavasti pienempi koko, kuin alkuperäisellä suunnittelu-tiedostolla. Pienemmän koon ansiosta tiedosto on helpompi lähettää asianosaisille. DWF-tiedostoja pystyy tarkastelemaan Autodeskin ilmaisella Design Review -ohjelmalla. (11;12.)

DWF-tiedostoformaatti julkaistiin vuonna 1995. Alun perin formaatti kulki nimellä Drawing Web Format. Formaatti toimi aluksi vain AutoCAD-ohjelmissa, mutta myöhemmin myös muissa Autodeskin tuotteissa ja kolmansien osapuolien ohjelmissa. 3D-aineiston esittäminen lisättiin myös myöhemmin. (13.)

DWF:n uusi versio on DWFx-tiedostomuoto. DWFx-tiedoston etuna on, ettei se välttämättä tarvitse erillistä Design Review -ohjelmaa, vaan se hyödyntää Microsoftin XML Paper Specification -tiedostomuotoa (XPS). Tämän takia DWFx-tiedostoja pystytään tarkastelemaan suoraan Windows-ympäristössä XPS Viewer -ohjelmalla, joka on suoraan esiasennettuna Windows Vistassa tai uudemmassa käyttöjärjestelmässä. DWFx-tiedostoja pystyy tarkastelemaan myös Internet Explorer 8- tai uudemmalla Explorer-selaimella asentamalla XPS Viewer -komponentin. DWFx-tiedostoja pystyy avaamaan

ja niihin lisäämään kommentteja Design Review 2008:lla tai uudemmalla ohjelmalla. Tiedostoon tehtyjä huomioita pystyy käsittelemään AutoCAD 2009:llä tai uudemmalla versiolla. Internet Explorerilla ja XPS Viewerillä DWFx-tiedoston avaaminen ja tarkastelu on mahdollista ainoastaan 2D-muodossa. (11;12.)

Koska DWF-tiedosto on suunniteltu piirustusaineiston esittämiseen, se edustaa rikasta suunnitteluaineiston esitystapaa. Rikas suunnitteluaineisto antaa mahdollisuuden tarkastella suunnitteluaineiston objekteja, tasoja ja liikkua vapaasti 3D-mallissa. Objekteista saadaan tietoa käytetystä materiaalista ja mitoista. Kun tässä tutkimuksessa puhutaan DWF-tiedostosta, tarkoitetaan sillä uusinta DWFx-muotoa, ellei toisin mainita.

### 3.4 IFC

IFC-tiedonsiirtostandardi (Industry Foundation Classes) on vuodesta 1994 kehitetty avoin formaatti rakennusalan tiedonsiirtoon. Sen ensimmäinen versio IFC 1.0 otettiin käyttöön vuonna 1997. Sen uusin versio on IFC 4, joka julkaistiin maaliskuussa 2013. IFC-standardi on ISO hyväksytty. IFC-formaatti soveltuu parhaiten työkaluksi arkkitehtimallin, rakennemallin ja LVI-mallin toteuttamiseen ja esimerkiksi geotekniikan tukirakenteiden siirtoon. Infrahankkeiden pintamallien, kuten geotekniikan kaivantoihin sekä katusuunnitteluun ja kaavoitukseen IFC-formaatti ei toistaiseksi sovellu (14.)

IFC-formaatissa suunnittelutietoa voidaan siirtää ohjelmasta toiseen ohjelman natiiviformaatista riippumatta. Ohjelma, josta luodaan IFC-tiedosto, muuttaa sisäisen tiedontallennusmuotonsa IFC-muotoon. Vastaavasti ohjelma, jossa tarkastellaan aineistoa, osaa muuttaa IFC-muodon omaan sisäiseen muotoonsa. IFC-formaatin käyttöönotossa on ollut ongelmana puutteellinen IFC-formaatin toteutus rakennusalan suunnitteluohjelmissa. (15, s. 37–38.)

### 3.5 LandXML

LandXML on XML (Extensible Markup Language) -kieleen pohjautuva avoin tiedostoformaatti infrahankkeiden tiedonsiirtoon. LandXML uusin versio on 1.2. LandXML mahdollistaa pintojen käsittelyn omina luokkina, kuten eri väylien, louhintojen ja kaivanto-

jen esittämisen. LandXML:n avulla pintatietojen siirtäminen ohjelmasta toiseen helpottuu. (16.)

### 3.6 Formaattien ominaisuudet ja vertailu

Näistä neljästä formaatista PDF on selvästi käytetyin. Adobe on vakiinnuttanut PDF-tiedoston sähköisenasiakirjan roolissa. Ajan saatossa Adobe on päivittänyt formaattiinsa uusia ominaisuuksia, ja sen takia PDF ei ole menettänyt asemaansa (taulukko 1).

DWF-tiedostojen luonti onnistuu hyvin Autodeskin omista tuotteista. Erityisesti Revitistä tulostettaessa pystytään asettamaan useita asetuksia ja objekteista jää rikasta suunnittelutietoa DWF-tiedostoon. Kolmansien osapuolien ohjelmista tulostettaessa tarvitaan DWF Writer -ohjelmisto, jolla luodaan DWF-tulostus mahdollisuus. Tällöin kaikista kokeilluista ohjelmista pystyi tulostamaan ilman ominaisuustietoa sisältäviä DWF-tiedostoja.

IFC-formaatti yhdistetään rakenne-, arkkitehti- ja talotekniikan suunnitteluun. Tiedoston avulla voi esittää suunnitteluaineistoa tai siirtämään sitä eri suunnitteluohjelmien välillä. IFC on laajalti käytetty tiedonsiirtotapa rakennusta ja sen välitöntä piha-aluetta koskevassa suunnittelussa. Toistaiseksi sen ominaisuudet eivät kuitenkaan kata korttelia tai laajempaa aluetta koskevaa kaupunkisuunnittelua eivätkä katu- tai infrasuunnittelua. Näillä suunnittelualoilla LandXML on hallitseva tiedonsiirtoformaatti.

Taulukko 1. DWF- ja PDF-tiedostojen ominaisuuksia (17).

Ominaisuus	DWF	PDF
<b>Tausta:</b>	Design Web Format, rikkaan suunnitteluaineiston esittämiseen.	Portable Document Format, yleisesti käytetty tiedostomuoto tekstimuotoisen aineiston julkaisemiseen ja tulostamiseen.
<b>Käyttötarkoitus:</b>	Mahdollistaa suunnitteluaineiston katsomisen, kommentoinnin ja tulostamisen ilman aikaisempaa kokemusta CAD-ohjelmistoista.	Säilyttää asiakirjan sisällön katseluympäristöstä riippumatta. Helppo asiakirjan hallinnointi ja käsittely.
<b>Tulostus AutoCAD-ohjelmasta:</b>	Kyllä. Vakiona AutoCAD-ohjelmistoissa DWF-tiedostojen luontimahdollisuus.	Kyllä. AutoCAD-ohjelmistoissa mahdollisuus luoda PDF-tiedostoja.
<b>Rikas suunnitteluaineisto:</b>	Kyllä. DWF-tiedosto pitää sisällään tietoa objektien ominaisuuksista. Aineistoon pystyy kommentoimaan.	Komentointi mahdollisuus ja osittainen objektien ominaisuustieto.
<b>Tasot:</b>	Kyllä.	Kyllä
<b>3D mallit:</b>	Kyllä. 3D-malleja pystytään tuomaan ulos Autodeskin ohjelmista.	Kyllä. Ulostuonti vaatii 3D-ominaisuuden mahdollistavan lisäosan.
<b>Laajennettavuus muille ohjelmille:</b>	Kyllä. DWF Toolkitin avulla pystyy luomaan DWF-tulostimen eri ohjelmille ilmaiseksi.	Kyllä. Tarvitsee maksullisen lisenssin.
<b>Komentointi ja huomioiden merkitseminen:</b>	Kyllä	Kyllä
<b>Hyperlinkit:</b>	Kyllä	Kyllä
<b>Kopioinnin esto:</b>	Kyllä	Kyllä
<b>Salasanasuojaus:</b>	Kyllä	Kyllä
<b>Rasteri kuvat:</b>	Kyllä	Kyllä
<b>Vektori kuvat:</b>	Kyllä	Kyllä
<b>Katseluohjelma:</b>	Ilmainen Autodesk Design Review	Ilmainen Adobe Reader
<b>Käyttöjärjestelmät:</b>	Windows, Mac OS, älypuhelimet	Windows, Mac OS, älypuhelimet

## 4 Katseluohjelmat

Tutkimuksen kannalta merkittävimmät katseluohjelmat ovat Adobe Acrobat, Bluebeam Revu, Autodesk Design Review ja Tekla BIMsight. Näillä ohjelmilla henkilö pystyy avaamaan, kommentoimaan ja tulostamaan suunnittelijan lähettämää aineistoa. Maksullisilla Acrobatilla ja Revulla onnistuvat myös ammattimainen PDF-tiedostojen luonti ja muokkaaminen. Ohjelmat ovat käytettävyydeltään erinomaisia, sillä niitä on kehitetty useamman vuoden ajan alan johtavien yritysten toimesta. Adobelta ja Autodeskilta löytyy yksinkertaistetut metodit pelkkään aineiston katseluun. Adobella on ilmainen Reader-ohjelma ja Autodeskilta uudemman DWFx-tiedostoformaatin myötä Internet Explorer -selaimella tapahtuva katselu ja Windowsin XPS-Viewer.

### 4.1 Adobe Reader ja Acrobat

Ensimmäinen versio Adoben PDF-ohjelmasta julkaistiin 1993. Siitä lähtien ohjelmaa on kehitetty käyttäjäystävällisemmäksi. Ohjelmaan on ajan saatossa lisätty uusia ominaisuuksia, kuten uusimpien PDF-versioiden tukeminen ja 3D-ominaisuus versiossa 7.0. 3D-ominaisuus tosin poistettiin versiossa 9 ja siitä tehtiin maksullinen lisäosa. Adoben PDF-ohjelmat on jaettu kahteen ohjelmaan. Ilmaisella Adobe Reader -ohjelmalla onnistuu PDF-tiedostojen avaaminen, lukeminen, tiedostosta hakeminen, kommentointi, ja tulostaminen. Koska PDF on hyvin suosittu standardi, lähes jokaisella käyttäjällä on kyseinen sovellus koneella PDF-tiedostojen avaamiseen, ja sen lataaminen internetistä on tehty helpoksi. (18.)

Toinen ohjelma on maksullinen Adobe Acrobat. Acrobatin viimeisin versionumero on XI. Acrobat-ohjelmaa tarvitsevat kaikki, jotka luovat PDF-tiedostoja ja joilla on tarve laajemmille muokkausominaisuuksille ja tietoturvatekijöiden lisäykselle. Acrobat XI:sta on kaksi versiota myynnissä: halvempi Standard-versio ja kalliimpi Pro-versio. Pro-versio tarjoaa paremmat muokkausmahdollisuudet ja videoiden lisäyksen. (19; 20.)

### 4.2 Bluebeam Revu eXtreme

Työssä käytettiin myös Bluebeamien kehittämää Revu eXtreme PDF -ohjelmaa. Revu on vastaavanlainen ohjelma kuin Adoben Acrobat, ja tarjoaa vähintäänkin yhtä kattavat

ominaisuudet PDF-tiedostojen luontiin ja muokkaamiseen. Ohjelma valittiin mukaan, koska siinä on valmiiksi liitetty 3D-PDF:n luontimahdollisuus. Tämä ominaisuus puuttui Acrobatista, ja siitä olisi joutunut maksamaan ylimääräistä. Toistaiseksi 3D-tulostus toimii suoraan vain Revit- ja Navisworks Manage -ohjelmista.

Käyttöliittymältään Revu-ohjelma on kattava ja helposti omaksuttavissa. Käytettävissä on laajat muokkausominaisuudet ja kommentointityökalut. Revu-ohjelmasta on kolme versiota saatavilla: Standard, CAD ja eXtreme. CAD- ja eXtreme-versiot mahdollistavat PDF-tulosteet suoraan CAD-ohjelmista ja 3D-PDF luonnin. Revu toimii vain Windows-käyttöjärjestelmillä, mutta saatavilla on myös iPad- ja iPhone-laitteille omat versionsa. Näissä ominaisuudet ovat rajoitetummat kuin työkäyttöön suunnatuissa versioissa. (21; 22.)

#### 4.3 Autodesk Design Review

Suunnittelupiirustuksien tarkastelua varten kehitetty Autodeskin ilmainen Design Review tukee DWF-, DWG- ja DXF-tiedostoja. Ohjelmalla pystyy navigoimaan 3D-tiedostossa, tarkastelemaan objektien ominaisuuksia, valitsemaan tasoja, tulostamaan mittakaavan mukaista aineistoa, mittaamaan, kommentoimaan ja tekemään huomioita. DWF-tiedostoja on helppo lähettää internetin välityksellä, sillä ne ovat tiivistä pakattuja. (23.)

Ilman ylimääräisiä asennuksia DWFx-tiedostoja pystyy katsomaan myös Windows-ympäristössä Microsoftin XPS Viewerillä. Tällöin ei tosin onnistu 3D-, salasanasuojatun aineiston, objektien ominaisuuksien, rajoitetun sisällön ja georeferoidun karttakoordinaatiston esittäminen ja tarkastelu. (24.)

#### 4.4 Tekla BIMsight

Suomalaisen ohjelmistoyrityksen Teklan kehittämä BIMsight on tarkoitettu rakennusten tietomallien tarkasteluun. BIMsightin etuna on sen ilmaisuus. BIMsight tukee IFC-, DWG-, DGN- ja XML-tiedostoja. Ohjelmalla Tekla tarjoaa ilmaisen mahdollisuuden havainnoida, tehdä törmäystarkasteluja, mitata ja kommentoida suunnitteluaineistoa. BIMsight on tehty erityisesti IFC-muotoon tallennettujen tietomallien tarkasteluun. BIM-

sightin avulla tietomallista saa tarkan tiedon rakennuksen jokaisen objektin ominaisuuksista ja suunnitteluaineistoa pystyy tarkastelemaan 3D-mallina. (25.)

#### 4.5 Käyttökokemukset

Kaikki neljä ohjelmaa tuntuivat erittäin käyttäjäystävällisiltä ja viimeistellyiltä. Design Reviewn eduksi voidaan katsoa ilmaisuus. Ohjelma tarjoaa hyvät mittaus- ja kommentointimahdollisuudet ohjelmaa vähän käyttäneelle. 3D-mallissa ja tasojen välillä oli helppo liikkua, ja täten kokonaisuus on helppo hahmottaa. Ohjelma on selvästi suunniteltu suunnitteluaineiston esittämiseen.

PDF-ohjelmista Acrobat on käytettävyydeltään hyvä, mutta se on maksullinen. Bluebeam on varteen otettava vaihtoehto näistä kahdesta, sillä se on halvempi ja ominaisuuksiltaan vähintäänkin yhtä kattava kuin Acrobat. Lisäksi CAD- ja eXtreme-versioissa on mukana 3D-PDF-tulostusmahdollisuus. Acrobatin uudemmassa versiossa 3D-ominaisuudesta joutuu maksamaan ylimääräistä.

BIMsight toimi hyvin IFC-muotoisen aineiston esittämiseen. Ohjelma oli helposti omaksettavissa. Objektien ominaisuustieto oli hyvin kattava ja kommentointityökalut olivat hyvät. Lisäksi ohjelma on ilmainen. Tekla näyttää vahvasti uskon avoimen IFC-pohjaisen tiedonsiirron yleistyvän tulevaisuudessa. (Taulukko 2.)

Taulukko 2. Katseluohjelmien vertailu.

	Acrobat	Revu	Design Review	BIMsight
Tuetut tiedostot	PDF, kuvatiedostot, Microsoft Office ja OpenOffice tiedostot, eri video tiedostoja	PDF, kuvatiedostot, Microsoft Office tiedostot	DWF, DWFx, DWG, DXF, PDF ja kuvatiedostot	IFC, DWG, DGN ja XML
Maksullinen	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei
Kommentointityökalut	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Käyttöjärjestelmät	Windows, Mac OS,	Windows	Windows, Mac OS	Windows
Rajoitetut sovellukset älypuhelimille	Android, iOS	iOS	Android, iOS	iOS

## 5 Suunnitteluprosessi

### 5.1 Yleisesti

Suunnittelutyö lähtee liikkeelle tarpeellisen lähtöaineiston hankinnalla. Lähtöaineisto on erilaista suunnittelutasosta riippuen. Lähtöaineistoa voivat olla esimerkiksi pohjakartat, alueelta jo tehty selvitykset ja mittaukset ja aiemmat aluetta tai rakennusta koskevat suunnitelmat. Lähtötietojen avulla laaditaan ensimmäiset luonnokset, jotka lähetetään tilaajalle nähtäville ja kommentoitavaksi. Luonnoksien pohjalta suunnittelija korjaa työtä saadun palautteen pohjalta. Suunnittelijan työ on tehty, kun tilaaja hyväksyy tehdyn työvaiheen. Valmis suunnitelma siirtyy seuraavaan työvaiheeseen esimerkiksi toiselle suunnittelijalle tai toteutukseen aineistoksi. (26.)

### 5.2 Tietomallinnus suunnitteluprosessissa

Tietomallinnus voi olla eritasoista (kuva 4). Se jaetaan rakennuksen, infrastruktuurin, asemakaavatason, osayleiskaavatason ja seudulliseen tietomalliin. Tässä työssä käy-

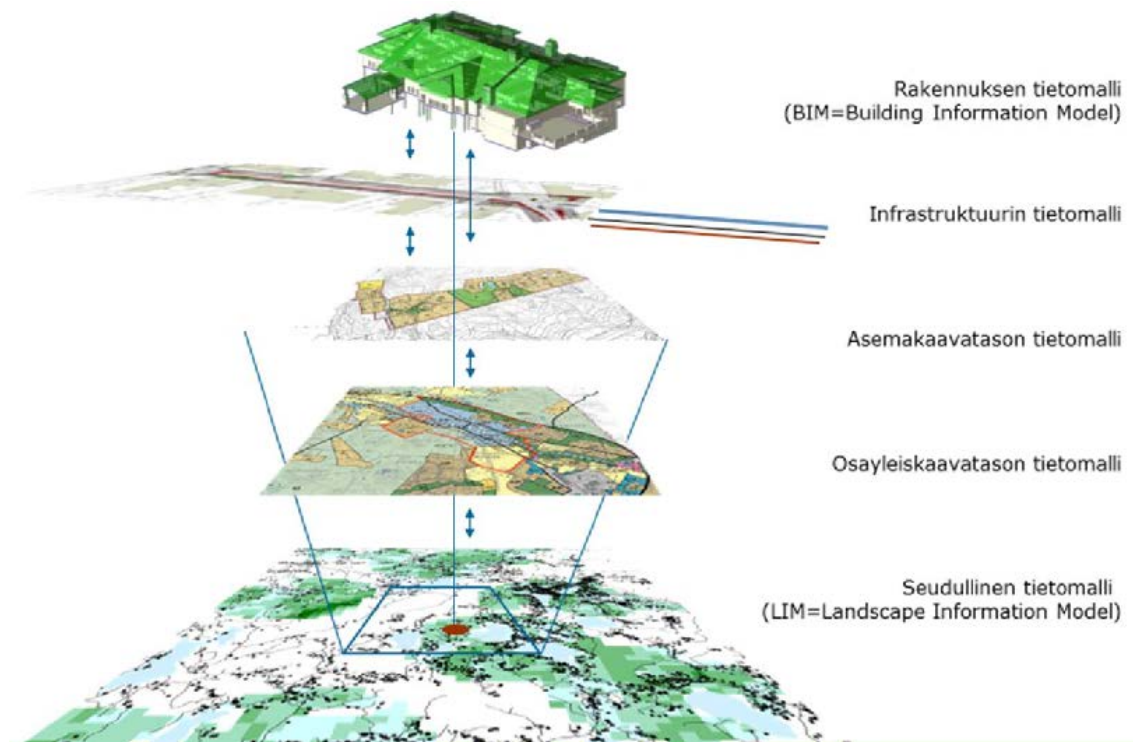


tettyjen suunnitteluohjelmien osalta tarkasteltavat suunnittelutasot ovat asemakaavan, infrastruktuurin ja rakennuksen tietomallitasot. (27.)

Tietomallinnus mahdollistaa 3D-ominaisuuden myötä paremman visuaalisen tulkinnan kohteesta. Samalla kohteen havainnollisuus paranee, vaihtoehtojen tarkastelu helpottuu ja suunnitteluvirheet voidaan havaita aikaisemmin. Visuaalisen tulkinnan tueksi tietomallista saadaan objektien ominaisuustietoa. Tämä antaa objekteja tarkastellessa informaatiota muun muassa käytetystä materiaalista, mitoista, tilavuuksista ja objektin koordinaateista. Lisäksi ominaisuustietoa voidaan liittää tietomalliin jälkikäteen. Ihmisen lisäksi tietokoneohjelmat pystyvät nyt lukemaan mallin tietoa ja laatimaan tästä tiedosta määräluetteloita, laadunvarmistuksessa tarkastamaan löytyykö mallista virheitä ja simuloida eri tilanteita, esimerkiksi energialaskelmia varten. (15, s. 9–11.)

Mallintamisen tarkkuus määritetään suunnittelun alkuvaiheessa osapuolten kesken. Tarkkuuteen vaikuttaa mallin käyttötarkoitus. Tarkassa mallissa voidaan erottaa yksittäisiä, rakennuksen koristeellisia kohtia, kun taas yleismalli antaa visuaalisen esityksen kohteesta ja sen ominaisuuksista. Suurissa maanpintamalleissa tarkkuus voi olla harvempi. Tarkkuus on yleensä sitä harvempi, mitä suuremmassa mittakaavassa toimitaan.

Tietomallintamisen saralla ongelmaksi on muodostunut, ettei saatavilla olevia ohjelmia osata käyttää kokemuksen puutteen ja opetteluhaluttomuuden takia. Toinen ongelma on eri ohjelmien natiiviformaattien, avoimien tiedonsiirtoformaattien ja tulostusformaattien yhteensovittaminen hankkeessa, sillä ne saattavat olla eri ohjelmistotalojen kehittämiä ja sisältävät eri määrän tietoa. Jo ennen kuin projekti lähtee liikkeelle, tulisi osapuolten sopia käytetyistä formaateista kuhunkin tarkoitukseen. (28.)



Kuva 4. Tietomallintamisen eri tasot. (27.)

### 5.3 Haastattelut

Haastatteluja tehtiin niin yrityksen sisällä kuin ulkoisen asiantuntijan kanssa. Haastattelulla kartoitettiin suunnitteluprosessin vaiheita painottaen kohtia, joissa tiedonsiirtoa tarvitaan.

#### 5.3.1 Sisäiset haastattelut

Yrityksessä suoritettujen haastattelujen (liite 1) avulla kartoitettiin suunnittelijoiden ja asiantuntijoiden näkemyksiä ja menetelmiä suunnittelusta ja aineiston vaihdossa suunnittelijan ja tilaajan välillä. Tutkimukseen haastateltiin neljää eri alojen asiantuntijaa.

Henkilö A toimii geoteknisenä suunnittelijana työskennellen MicroStation ja AutoCAD ohjelmilla. Henkilö A kertoi suunnitteluprosessin etenevän hänen työnkuvassaan seuraavalla tavalla: hän välittää suunnitteluaineiston PDF-muodossa sähköpostin välityksellä, toisinaan myös DGN-tiedostona. Lopullinen työ palautetaan usein DGN-muodossa, jotta tilaaja voi halutessaan hyödyntää aineistoa myöhempisiin käyttötarkoi-

tuksiin. DGN-formaatti (design) on Bentley Systemsin kehittämä formaatti suunnitteluaineiston esittämiseen. Luonnoksiin asiakas on kommentoinut ja kirjannut muutosehdotukset sähköpostiviestiin tai Word-liitteeseen. Haastateltavalle ei ole koskaan tullut vastaan kommentoituja PDF-tiedostoja. Hän näki kommentoinnin suoraan tiedostoon hyödyllisenä siinä tapauksessa, että aineisto olisi hyvin laajaa, kuten suuria ilmakuvia tai mutkikkaita pohjapiirustuksia. Näin kommentointi pystyttäisiin kohdistamaan haluttuihin kohtiin ja kommenttien luku olisi selkeämpää. Haastateltava A ei kumminkaan nähnyt sähköpostiviestillä lähetettyä kommenttien ja korjausten listaa mitenkään huonona vaihtoehtona, eikä nähnyt tässä mitään muutettavaa. Tilaajan ja asiakkaan välisissä suunnittelupalavereissa suunnitteluaineisto esitellään myös PDF-tiedostojen avulla. PDF-tiedoston etuna hän näki, että jokaiselta löytyy ohjelma PDF-tiedostojen avaamiseen, tiedoston pienen koon ansiosta sen voi lähettää sähköpostiliitteenä, PDF tukee eri väriavaruuksia ja suunnitteluaineiston pystyy tulostamaan oikeassa mittakaavassa PDF-tiedostoon. 3D-PDF- tai DWF-tiedostoa haastateltava ei ole käyttänyt. Tulevaisuutta ajatellen haastateltava ehdotti suuria näyttöjä suunnitteluaineiston tarkasteluun. Näin ei tarvitsisi tulostaa 1:1-paperikopioita, vaan kokonaisuutta voisi tarkastella suoraan näytöltä.

Henkilö B on arkkitehti ja kaavoituksessa toimiva suunnittelupäällikkö. Kaavoitus lähtee liikkeelle lähtötiedolla, jonka asiakas toimittaa. Kaavoituspuolella välitettäviä aineistoja ovat pääsääntöisesti teksti- ja karttamateriaalit. Kartat lähetetään PDF-muodossa sähköpostitse. Tilaaja kommentoi pääsääntöisesti sähköpostiliitteenä. On tapauksia, joissa tilaaja on kommentoinut suoraan PDF-tiedostoon hyödyntämällä kommentointityökaluja. 3D-PDF ei ole haastateltavalle tuttu työväline, mutta hän näki siinä hyödyllisen työkalun, jota voisi kokeilla. PDF:n eduksi hän näki samat asiat kuin henkilö A. DWF-tiedostoformaatti ei ollut hänelle lainkaan tuttu. Hän toivoi, että PDF-komentointityökalut otettaisiin laajemmin käyttöön, ja yrityksen henkilöstö perehtyisi 3D-PDF-tulosteiden tekemiseen, sillä ne toisivat lisäarvoa suunnitteluaineiston esittämiseen. DWF-formaatin osalta Henkilö B toivoisi pilottihanketta.

Henkilö C:n toimialaan kuuluvat katu-, tie- ja liikennesuunnittelu. Hänenkin työssään tiedonsiirto tapahtuu normaalisti sähköpostin välityksellä ja suuremmissa hankkeissa projektipankin avulla. Hän on ollut tyytyväinen tähän järjestelyyn. Henkilön C:n mukaan asiakkaat ovat pääsääntöisesti kommentoineet luonnoksia sähköpostin tai puhelimen välityksellä. Asiakkailta on tullut myös käsin piirrettyjä korjauksia, jotka he skannaavat ja lähettävät takaisin sähköpostiliitteenä. On myös tapauksia, että kommentointi on

tapahtunut suoraan PDF-liitteeseen kommentointityökaluilla. Formaateista PDF on tuttu henkilölle C. DWF-formaattia hän ei ole koskaan hyödyntänyt. PDF:n eduksi hän näki samat asiat kuin Henkilöt A ja B. Henkilön C toivoisi kommentointityökaluilta, että asiakas voisi piirtää luonnoksiin ja kommentoida kyseiseen muutoskohtaan. Tulevaisuudessa hän näkee haasteita tietomallinnukseen siirryttäessä, kuinka osapuolet pääsevät ongelmitta käsiksi malliin. Henkilö C uskoo, että pilvipalveluiden hyödyntäminen kasvaa.

Henkilö D:n toimenkuvaan kuuluu laitospuolen rakennesuunnittelu. Hän käyttää Revit-ohjelmaa rakennusten suunnitteluun. Näiden rakennusten mallien avulla muut laitospuolen henkilöt pystyvät liittämään malliin LVI-osat ja laitteet. Henkilön D osalta suunnitteluaineiston vaihto tapahtuu samalla tavalla kuin muilla haastateltavilla. Suunnittelu-tieto välitetään PDF-tiedostoilla, ja tilaaja kommentoi sähköpostitse tai piirustuksilla. Henkilö on ollut tyytyväinen tämänkaltaiseen kommunikointiin eikä nähnyt siinä muutettavaa. 3D-PDF ei ollut hänelle tuttu. DWF-tiedoston osalta hän tiesi sen käyttötarkoituksen, mutta tiedostomuotoa hän ei ollut koskaan käyttänyt suunnittelutyössä. Tähän hän uskoi syyksi, että kyseistä tiedostomuotoa ei vain ole koskaan käytetty, joten se on jäänyt tuntemattomaksi. PDF:n eduksi hän näki samat ominaisuudet kuin muutkin haastateltavat.

### 5.3.2 Ulkoinen haastattelu

Haastateltava henkilö toimii projektipäällikkönä uudis- ja korjausrakentamisen tehtävissä. Esimerkkinä hän käytti asunto-osakeyhtiössä tapahtuvaa korjausrakentamista, sillä tulevana vuosina korjausrakentaminen kasvaa ja uudisrakentaminen vähenee. Haastateltavan mukaan asunto-osakeyhtiöissä tehtävissä rakennus- ja korjaushankkeissa tarvitaan ulkopuolista henkilöä talonyhtiön hallituksen tueksi suunnitteluaineiston kommentointiin. Asukkailla on harvoin tietotaitoa lukea ja kommentoida suunnittelijan laatimia suunnitelmia. Usein suunnittelija esittää useamman luonnoksen, joista taloyhtiö valitsee mieleisensä. Palaute ja kommentointi tapahtuvat hankepalavereissa. Haastateltavalle oli tutumpaa, että asiantuntijat kommentoivat keskenään PDF:ään tehtyjen kommenttien välityksellä. DWF-tiedostomuoto ei ollut tuttu hänelle. 3D-materiaalia ei käytetä suunnitteluaineiston esittämiseen osakeyhtiöiden tapauksissa. Tietomallinnus ja 3D-materiaali tulevat ennemminkin esille kauppakeskusten ja suurten liiketilojen suunnittelussa, jolloin tilaajalla on useimmiten tietotaitoa omasta takaa.

Haastateltava toivoisi kommunikointiketjun osalta, että pääsuunnittelija pitäisi suunnitteluketjun yhtenäisenä ja kasassa varsinkin, jos kilpailutuksen seurauksena eri alojen suunnittelijat tulevat eri firmoista. Myös suunnittelijan olisi hyvä ilmoittaa säännöllisesti, mitä on saanut aikaan. Asunto-osakeyhtiön tapauksessa lopullinen suunnitteluaineisto luovutetaan yleensä DWG- ja PDF-tiedostoina sekä paperikopioina.

#### 5.4 Haastattelujen johtopäätökset

Kaikille haastateltaville oli yhteistä suunnitteluaineiston välittäminen PDF-muodossa sen yleisyyden ja helppokäyttöisyyden takia. Yhdellekään henkilölle DWF-tiedostomuoto ei ollut tuttu. He eivät myöskään olleet nähneet kyseistä tiedostoformaattia käytössä. Henkilö B oli ainut, joka mainitsi olevansa valmis kokeilemaan DWF-formaattia pilottihankkeen avulla. Kukaan ei myöskään ilmaissut käyttävänsä muuta tiedostoformaattia suunnitteluaineiston välittämiseen. 3D-aineiston esittäminen ei myöskään ollut tuttua haastateltaville. Sisäisissä haastatteluissa kävi ilmi, että heillä ei ole ohjelmia 3D-PDF:n tekoon. He näkivät kuitenkin 3D:n mielenkiintoisena vaihtoehtona suunnitteluaineiston esittämiseen, jota voisi kokeilla.

## 6 Suunnitteluaineisto ja tulostus eri tiedostoformaatteihin

Aineisto kerättiin yrityksen sisältä eri alojen asiantuntijoiden käyttämistä ohjelmista. Olin henkilökohtaisesti yhteydessä kuhunkin ohjelman käyttäjään, ja jokaisella oli johonkin hankkeeseen liittyen aineistoa tutkittavaksi. Tarkoituksena oli kartoittaa käytettyimpien ohjelmien tulostusmahdollisuuksia.

Vastauksia etsittiin seuraaviin kysymyksiin:

- Onnistuuko tulostus niin PDF- kuin DWF-formaattiin?
- Onko tulostus mahdollista 3D-muodossa?
- Mitä ominaisuustietoa tiedostoon tallentuu?

- Ohjelmistorajoitteet, ovatko tiedostojen ominaisuudet erilaisia eri ohjelmista tulostettuina?
- Kuinka helppoa tulostus on?

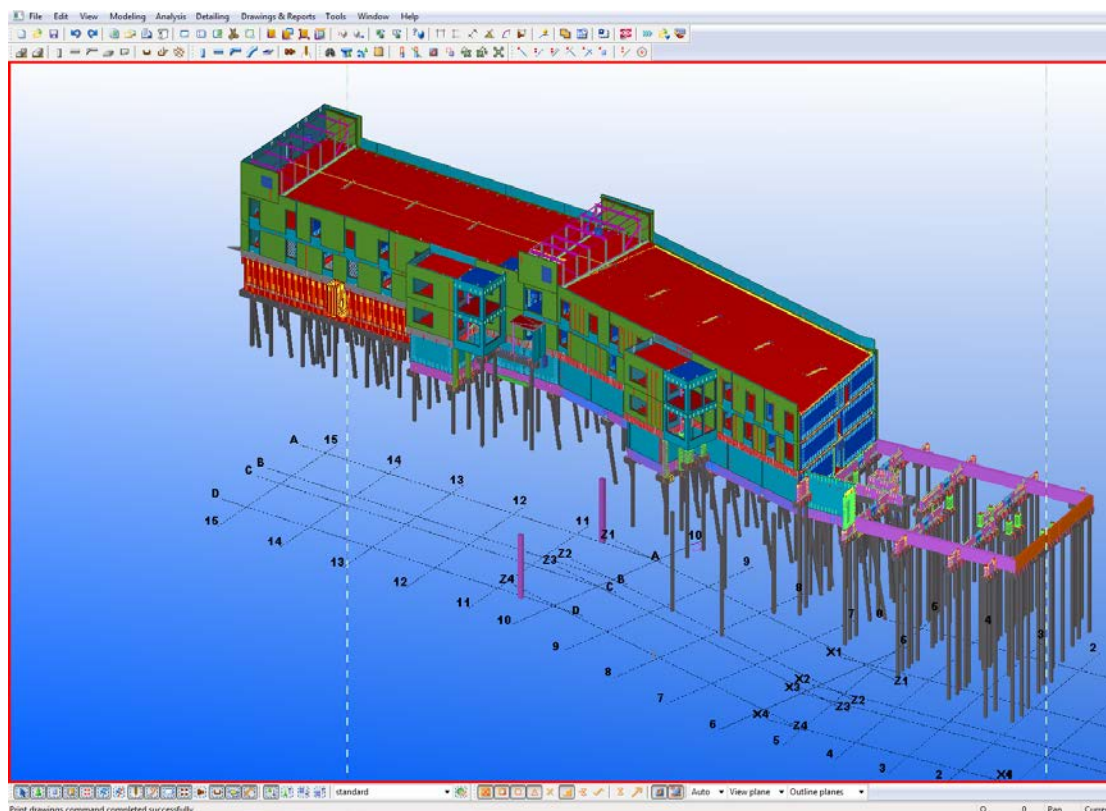
Aineisto kerättiin Novapoint-, MagiCAD-, Autodesk Revit-, MicroStation- ja Tekla Structures -ohjelmilla tehdyistä suunnitteluaineistosta. 3D-PDF-tulostusta varten tarvittiin kokeiluversio jostakin PDF-sovelluksesta. Tämän osalta päädyttiin Bluebeam Revit eXtreme PDF -sovellukseen. Ohjelma valittiin, koska kyseisessä ohjelmassa on vakiona 3D-tulostus. Jos olisi päädytty Adobe Acrobat-ohjelmaan, olisi tarvittu vielä erillinen 3D-tulostuslisäosa, sillä Adobe lopetti Acrobat 9 -versioon 3D-tulostusominaisuuden kehittämisen ja siirsi sen kolmansien osapuolien Tech Soft 3D ja Tetra4D kehitettäväksi.

Autodeskin tuotteissa 3D-DWF-tulostus on vakiona. Muita ohjelmia varten täytyi asentaa erillinen, ilmainen DWF Writer. Koska tutkimustyössä käytössä ollut tietokone oli 64-bittinen, ei DWF Writerilla tuotettuja tulosteita pystytty saamaan 3D-muotoon. 3D-tulostus on toistaiseksi olemassa vain 32-bittisessä versiossa, eikä 32-bittinen DWF Writer tue 64-bittistä tietokonetta. Tämä todettiin varsin haitalliseksi, koska nykyään yritysmaailmassa suurin osa tietokoneista on 64-bittisiä. Toistaiseksi ei ole tiedossa, onko Autodesk julkaisemassa myös 64-bittisille käyttöjärjestelmille 3D-DWF Writeria.

Kun tarvittavat ohjelmat oli asennettu ja aineisto hankittu, tulostettiin jokaisesta ohjelmasta 3D- ja 2D-tulosteet PDF- ja DWF-formaatissa tarkastellen yllämainittuja ongelmakohtia ja tekijöitä.

## 6.1 Tekla Structures

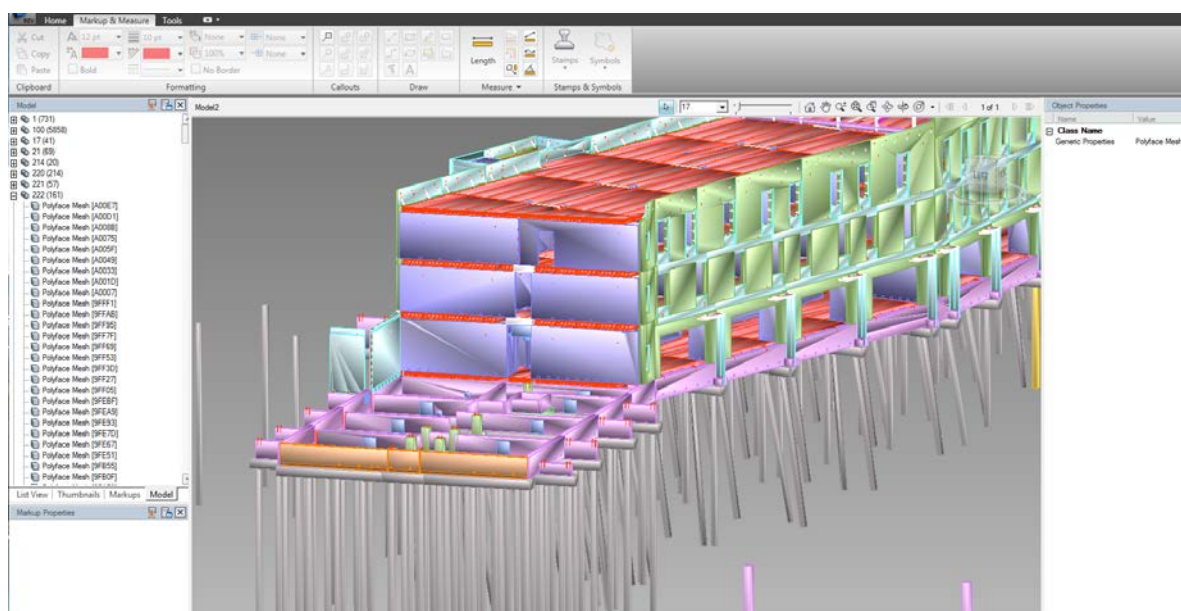
Tekla Structuresilla tarkasteltiin rakennuksen tietomallia (kuva 5). Tapauksessa koko suunnitteluaineiston koko oli noin 500 megatavua. Suoraan ohjelmasta pystyttiin tulostamaan 2D-DWF-tulosteita rakenteista ja poikkileikkauksia DWF Writer -lisäosan ansiosta. Tulostettu tiedosto sisälsi vain viivamuotoista tietoa. Kommentointityökalut toimivat, mutta mittaus ei onnistunut todellisessa mitassa.



Kuva 5. Suunnitteluaineisto Tekla Structures -ohjelmassa.

3D-DWF-mallin tulostus Tekla Structures -ohjelmasta onnistui viemällä malli AutoCADin kautta DWF-muotoon. Malli piti siis tulostaa ensin DWG-muotoon ja AutoCAD-ohjelmassa DWF-muotoon. AutoCADissa mallin pystyi avaamaan ja tulostamaan 3D-DWF-muotoon.

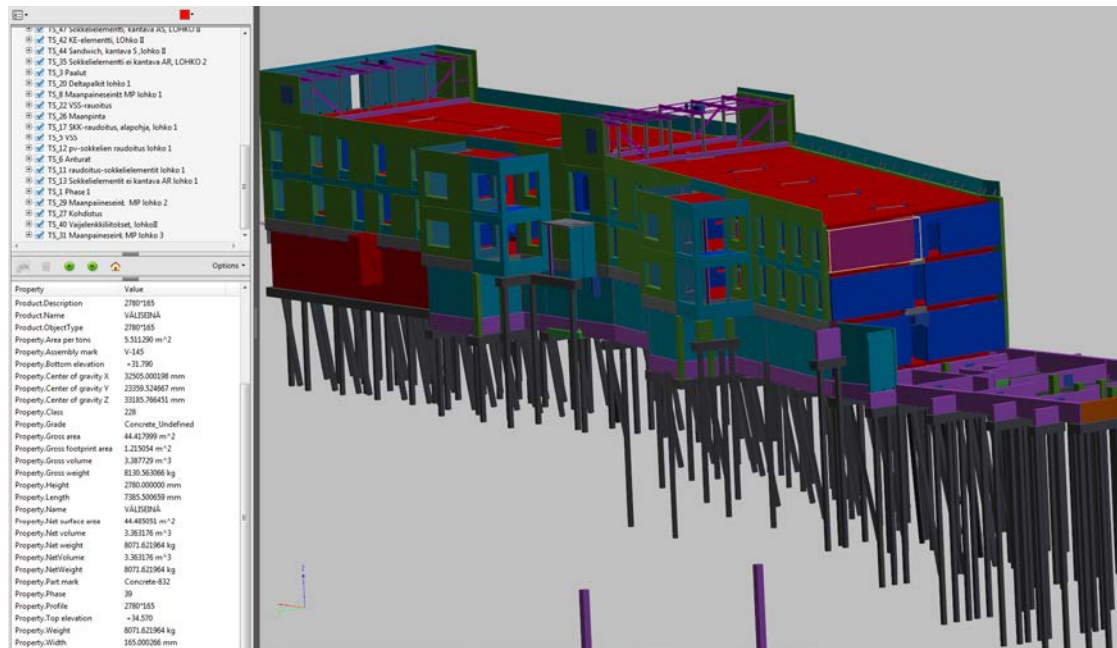
Avattaessa 3D-DWF-tiedosto Design Reviewssa (kuva 6) pystyttiin tarkastelemaan 3D-mallia, sekä asettamaan näkyviin ja piilottamaan objekteja. Ominaisuustietoa objekteihin ei jäänyt. Mittaus onnistuu jokaiselle objektille ja kommentointityökalut toimivat.



Kuva 6. Talomalli tarkastelussa Design Reviewssa 3D-DWF-tiedostona.

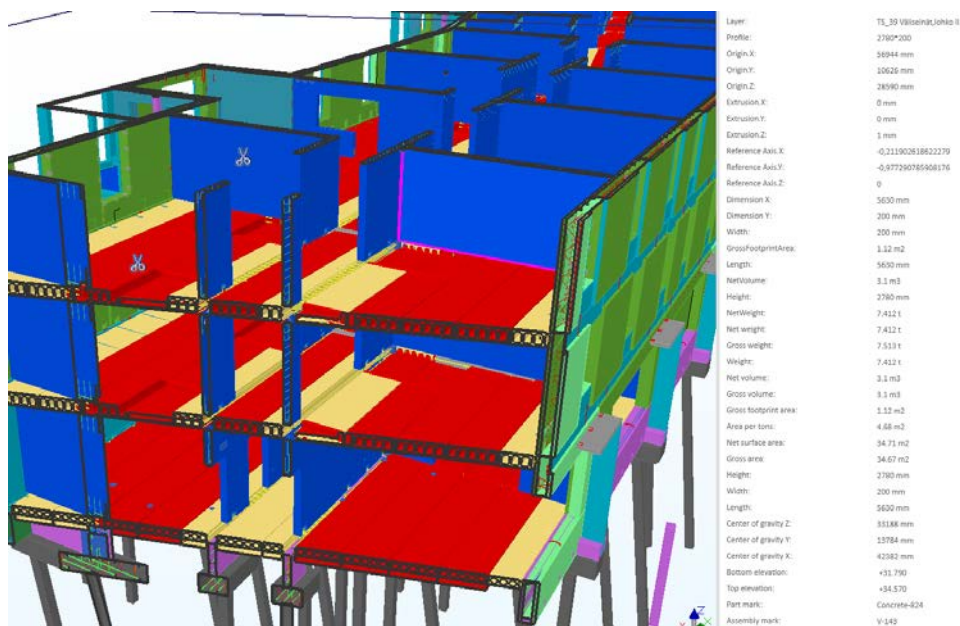
PDF-tulosteet onnistuivat 2D- ja 3D-muotoon. 2D-tulosteina onnistuivat leikkauskuvat ja pohjapiirustukset. 3D-tulosteet onnistuivat Tekla Structures Publish to 3D-PDF -lisäosan avulla. Lisäosa oli ilmainen, ja sen pystyi lataamaan Teklan Extranetistä. Lisäosan avulla luotiin U3D-tiedosto, joka liitettiin PDF:ään Bluebeam Revu -ohjelmassa. PDF:n tallentui 3D-malli ja objektitietoa. Objektitieto piti sisällään tietoa kappaleen mitoista, tilavuudesta, pinta-alasta, massasta ja koordinaatit. (Kuva 7.)





Kuva 7. 3D-PDF Tekla Structuresilla luodusta talomallista.

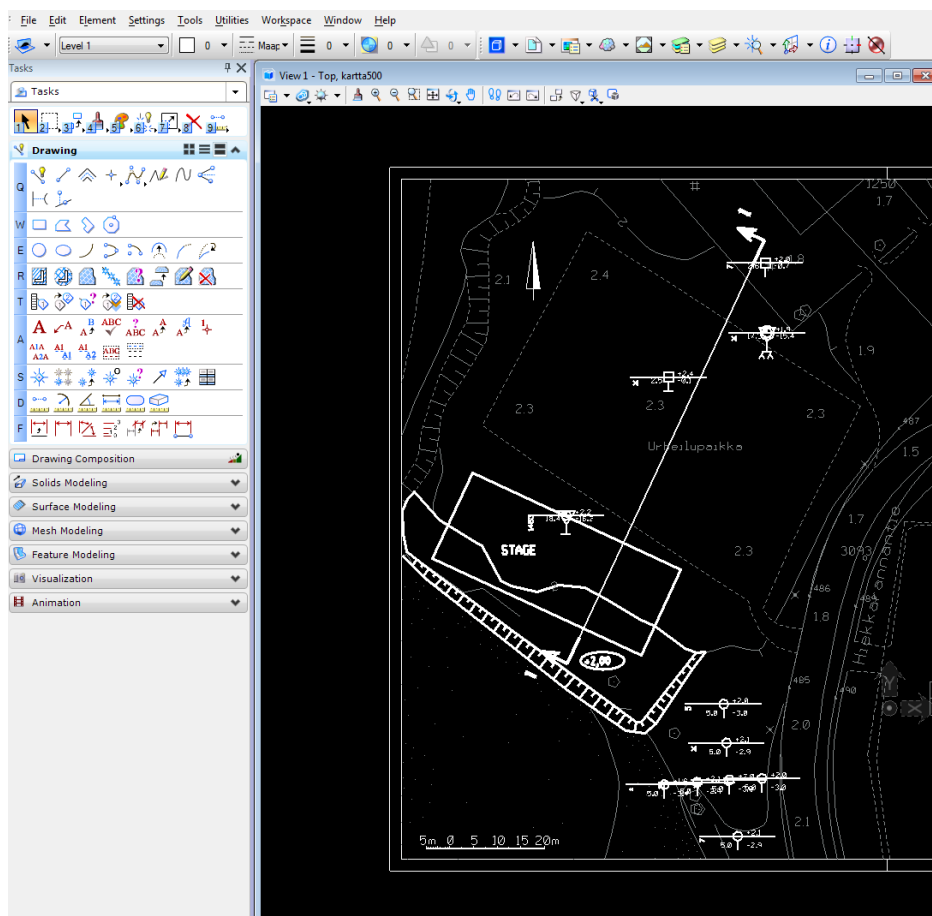
Tekla Structuresilla luotua aineistoa tarkasteltiin myös Teklan omassa suunnitteluai-  
neiston esittämiseen kehitetyssä BIMsightissa. Tekla Structuresta tuotiin ulos raken-  
nuksen IFC-malli. IFC-mallista pystyttiin tarkastamaan objektien monipuolista dataa,  
tekemään mittauksia 3D-mallissa, kommentoimaan ja piirtämään huomioita. (Kuva 8.)  
Myös törmäystarkastelut onnistuivat helposti.



Kuva 8. Mallin tarkastelua BIMsightissa.

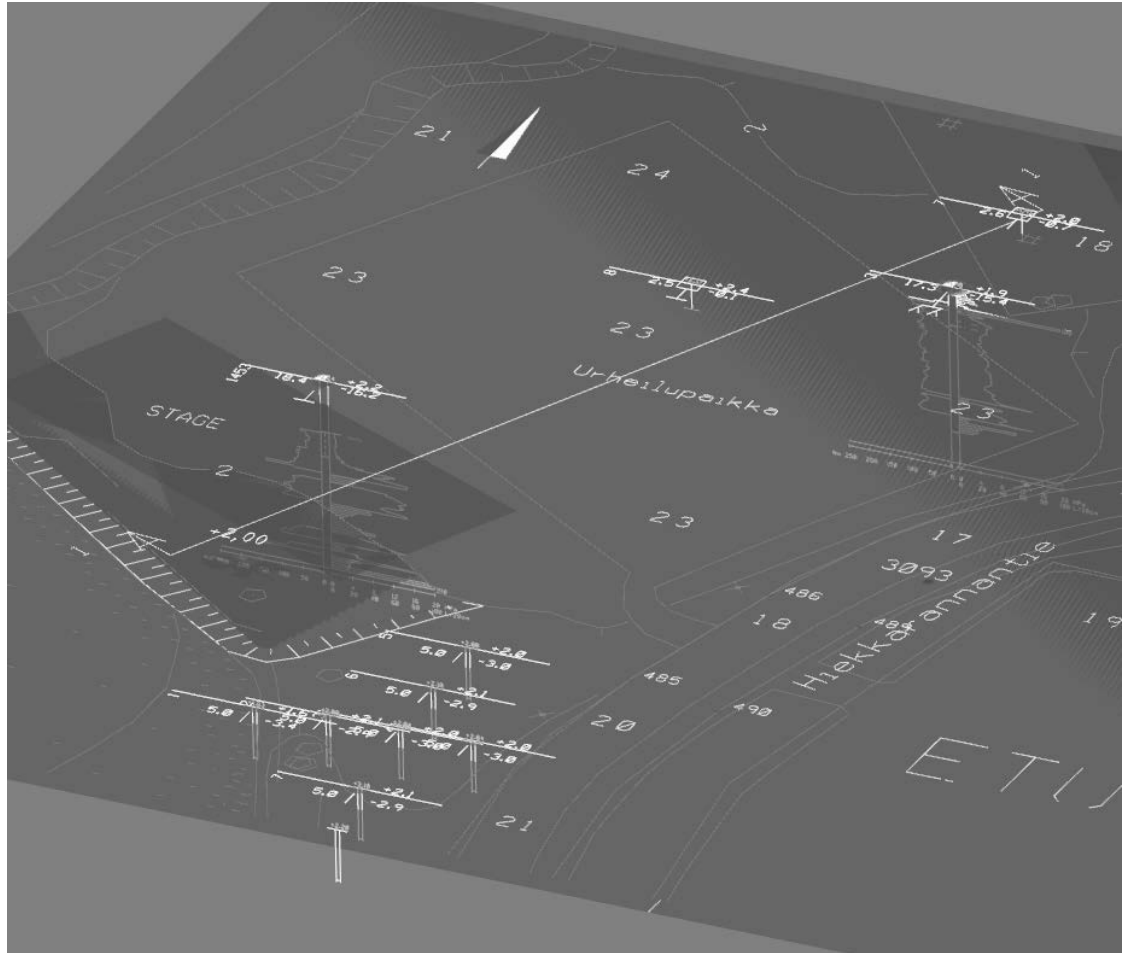
## 6.2 Bentley MicroStation

Tutkimusaineistona olivat Hietaniemen rannan konserttialueen maaperäkairaukset ja -leikkaus (kuva 9). Suoraan MicroStationista tulostettua PDF-tiedostoa ei saatu näyttämään tasoja tai muutakaan tietoja. Sama koski DWF-tiedostomuotoa. Tarkkailu rajoitui visuaaliseen tulkintaan. Kommentointityökalut toimivat, mutta mittaus ei onnistunut oikeassa mittakaavassa.



Kuva 9. Aineisto MicroStationissa.

3D-PDF tosin onnistui Bluebeamin avulla, sillä MicroStation tukee U3D-tiedoston ulostuontia. DGN-tiedosto muutettiin U3D-tiedostoksi ja Bluebeamin puolella luotiin 3D-PDF (kuva 10). 3D-PDF soveltui vain visuaaliseen esittämiseen.



Kuva 10. 3D-PDF MicroStationista tuotuna.

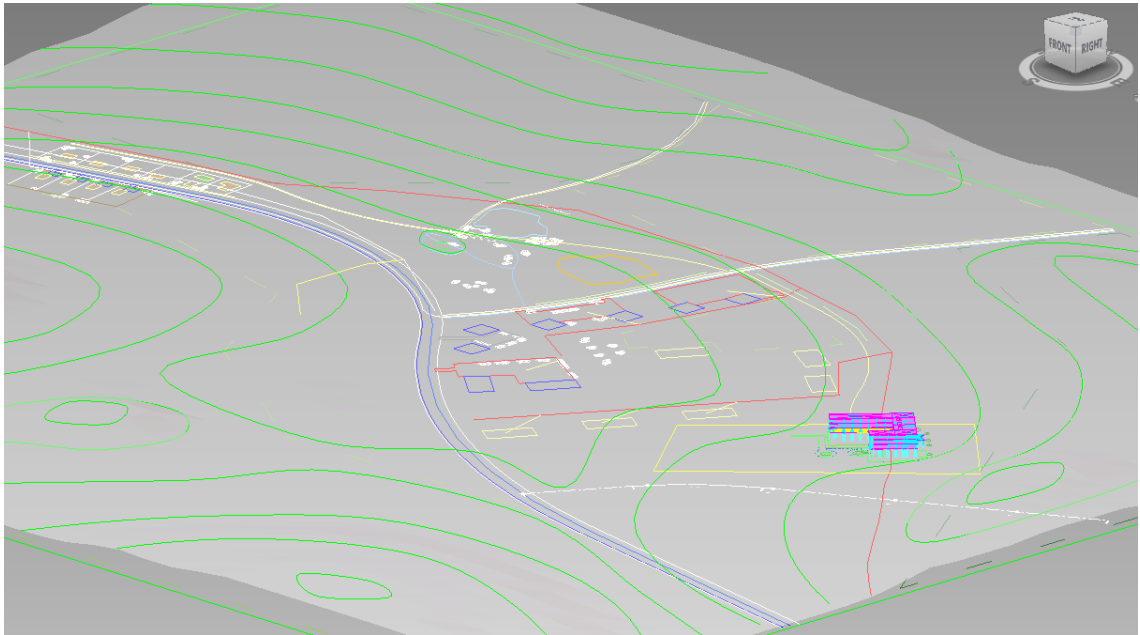
Vertailuna kokeiltiin, mitä ominaisuuksia tiedostoon tallentuu, kun tulostus viedään AutoCADin kautta. MicroStationista DGN-tiedosto muunnettiin AutoCADin DWG-muotoon ja AutoCADin puolella tulostettiin PDF- ja DWF-tiedostoiksi. PDF-tiedosto pystyttiin tulostamaan 2D-muodossa. Siinä saatiin säilytettyä tasot, ja mittaus- ja kommentointityökalut toimivat. Samat ominaisuudet olivat myös 3D-DWF- ja 2D-DWF-tiedostoissa. (Kuva 11.)



Kuva 11. 3D-DWF-tiedostossa pystyttiin havainnollistamaan kairausaineisto 3D-muodossa. 3D-DWF-tiedoston pystyi tuomaan ulos vain muuntamalla DGN-tiedosto ensin DWG-muotoon ja AutoCADin puolella 3D-DWF:ksi.

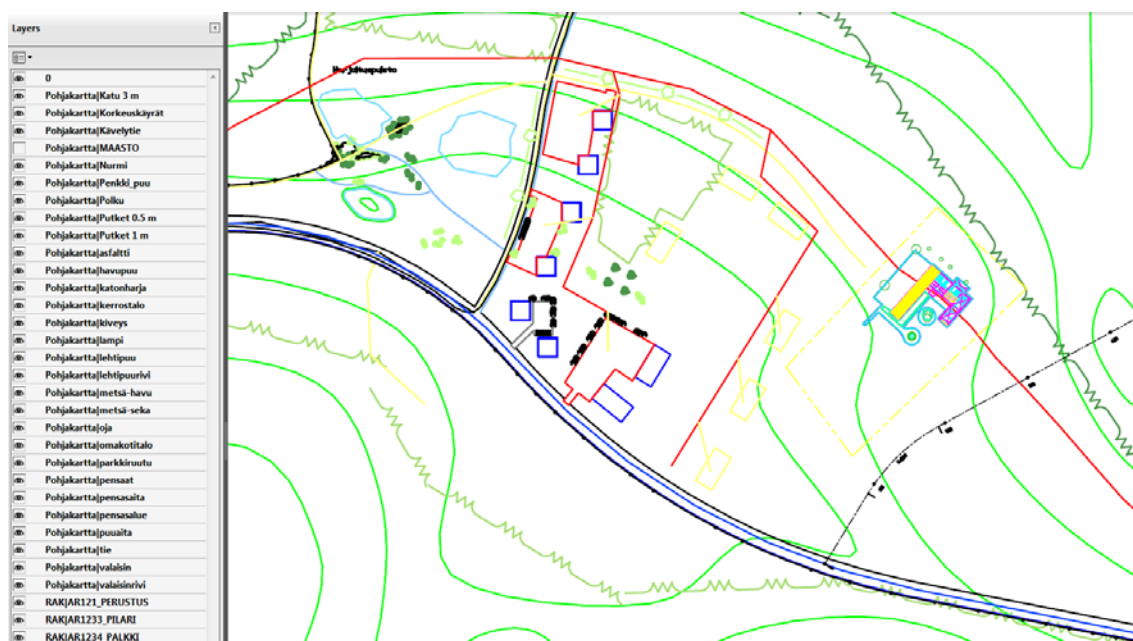
### 6.3 Novapoint

Aineistona oli väylähanke, johon oli myös tuotu Revitillä suunniteltu rakennus. Ohjelmasta pystyi suoraan tuomaan ulos DWF- ja 3D-DWF-tiedostoja (kuva 12). Mittaustyökalut toimivat oikeassa mittasuhteessa. Myös kommentointityökalut toimivat. Molemmissa tiedostoissa pystyi säätämään objektien näkyvyyttä. Objekteihin ei jäänyt min-käänlaista ominaisuustietoa.



Kuva 12. Design Reviewssa tarkastelussa 3D-DWF-tiedosto, jossa näkyy väylähanke, Revitillä mallinnettu talo ja alueen maastomalli.

PDF-formaattiin onnistui 2D-piirroksen tulostus. Tiedostoon jäi tasojen valinta. (Kuva 13.)

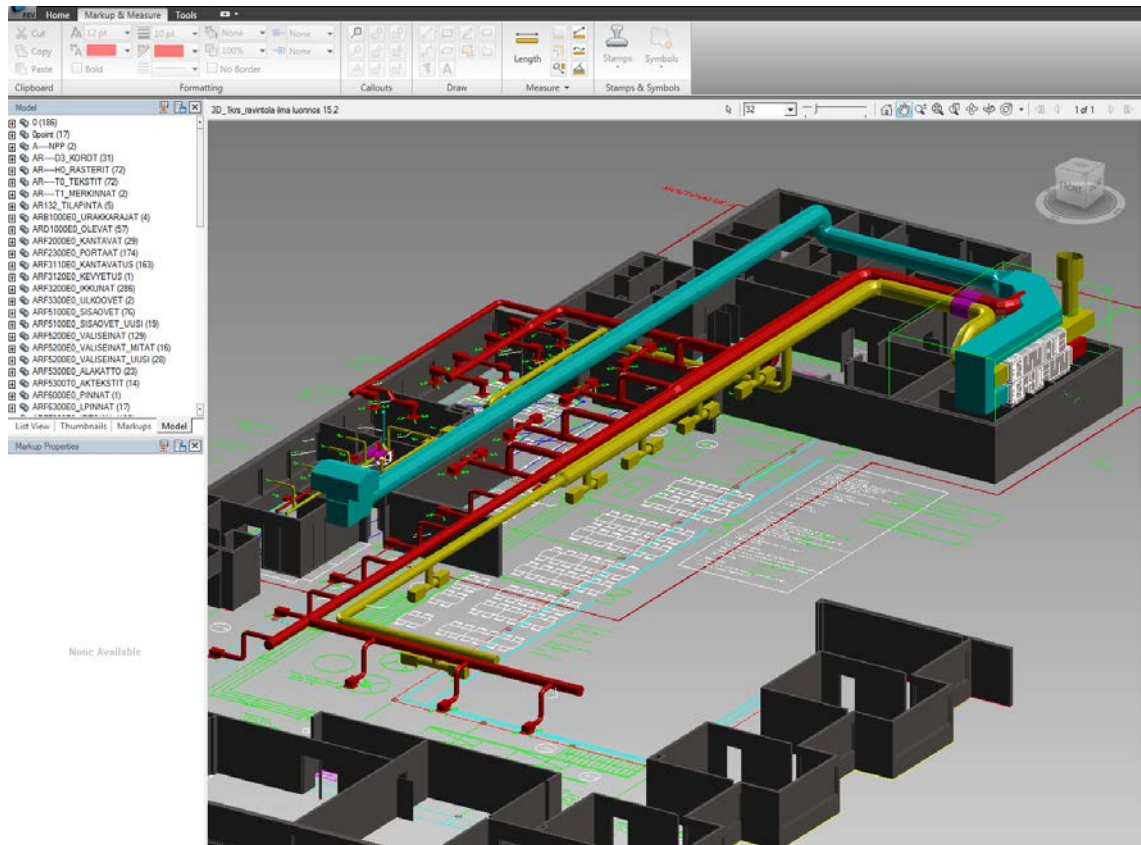


Kuva 13. PDF-tiedosto tarkastelussa. Vasemmassa laidassa näkyy tasohallinnan valikko.

## 6.4 MagiCAD

Esimerkkitapauksena oli ravintolan LVI-järjestelmän uusiminen. Ilmanvaihtojärjestelmät oli mallinnettu MagiCADilla, joka toimii AutoCADin päällä. Tämä mahdollistaa helposti DWF-tiedostojen luonnin. Luodussa 3D-DWF-tiedostossa (kuva 14) kaikki objektit pystyttiin valitsemaan ja asettamaan näkyville tai piilottamaan. Objekteihin ei jäänyt ominaisuustietoa eikä tasoja pystynyt valitsemaan. Mittaus onnistui jokaiselle objektille ja kommentointityökalut toimivat. Alustavasti olisi voinut olettaa, että MagiCADin aineiston objektien ominaisuustieto olisi jäänyt 3D-DWF-tiedostoon. Mallia on helppo tarkastella Design Reviewssa, ja se havainnollistaa hyvin tilanteen.

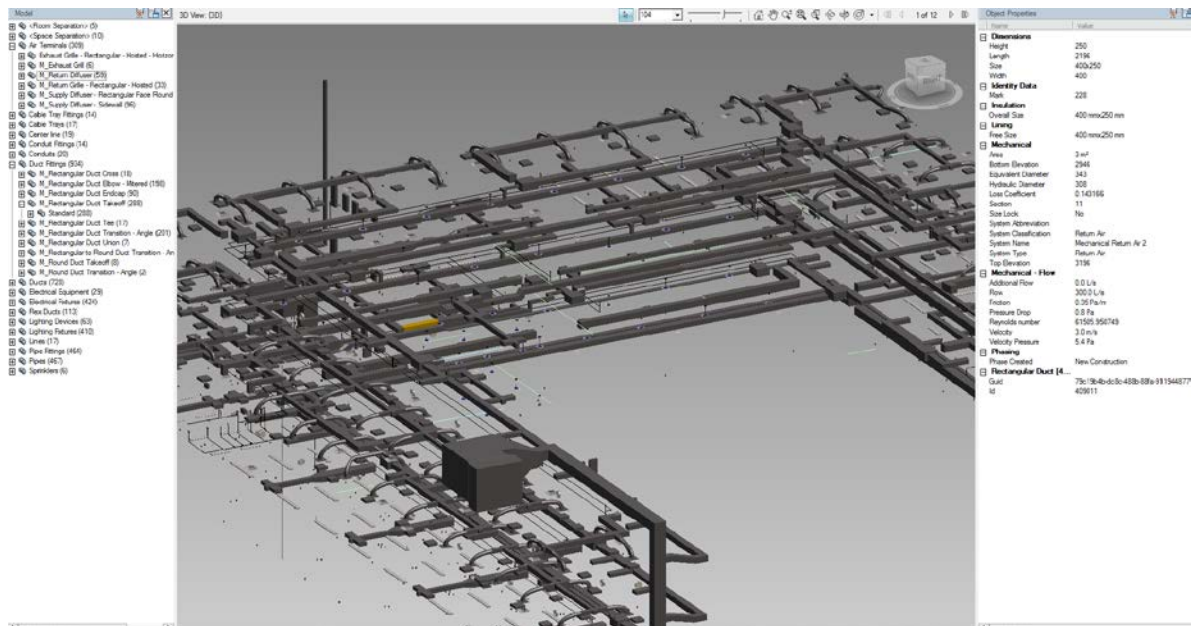




Kuva 14. MagiCADilla tuotettu LVI-järjestelmä 3D-muotoisena esityksenä Design Reviewssa.

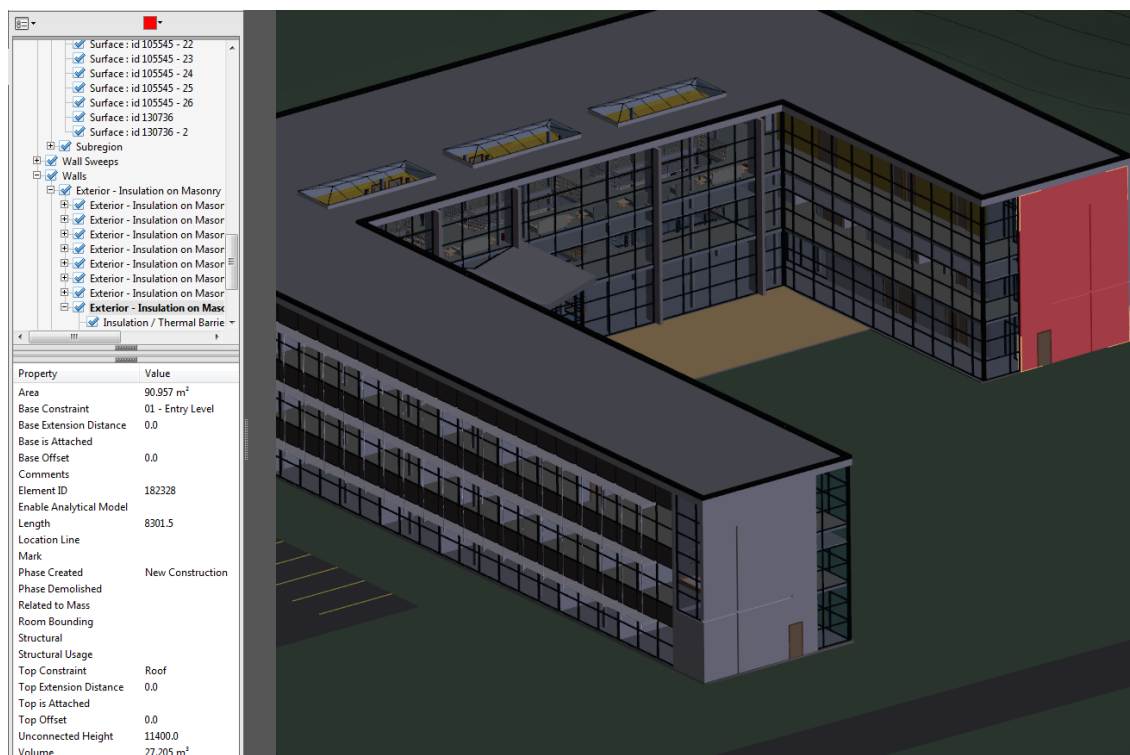






Kuva 16. Oikeassa laidassa nähtävä objektin ominaisuustieto on kattava. Vasemmalla objektilista.

Revitillä onnistui 3D-PDF:n (kuva 17) tulostus Bluebeam-ohjelman avulla. Bluebeam asentaa Revit ohjelmaan oman lisäpalkin, mitä kautta 3D-PDF:n luonti onnistuu. Tiedostoon tallentuu 3D-malli, objektit ja niiden ominaisuustietoa. Ominaisuustieto ei ollut yhtä kattavaa kuin DWF-tiedostoon tallentaessa. Tieto rajoittuu pinta-alaan, tilavuuteen ja korkeuteen ja leveyteen.



Kuva 17. 3D-PDF Revitistä tuotuna.

## 6.6 Tulostusten yhteenveto

DWF-formaatin osalta oli ilmeistä, että se toimi parhaiten Autodeskin tuotteiden parissa. Tekla Structures- ja MicroStation-ohjelmissa ei onnistunut tasojen tai objektitietojen talletus DWF-tiedostoon. Työvaiheita lisäsi se, että ohjelmien tiedostot piti kierrättää AutoCADin kautta, mikäli tiedostoon haluttiin taso-ominaisuutta. Objektien ominaisuustietoa tiedostoon ei onnistuttu tallentamaan missään yrityksissä. Jos tarkoituksena on esittää vain 2D-ainestoa, DWF-formaatti on varteen otettava vaihtoehto. Kaikista ohjelmista onnistuivat ongelmitta 2D-DWF-tulosteet.

Autodeskien mukaan 32-bittinen DWF Writer pystyisi tulostamaan 3D-tiedostoja muistakin kuin omista tuotteistaan. Tätä ei kumminkaan pystytty kokeilemaan, sillä FCGrn kaikki koneet olivat 64-bittisiä. Sama tilanne on varmasti monen muunkin yrityksen kohdalla, koska 32-bittiset käyttöjärjestelmät ovat nykyään harvinaisempia. 32-bittistä DWF Writeria ei myöskään pystytä asentamaan 64-bittiselle koneelle. Ylimääräisillä välivaiheilla 3D-tulostus on mahdollista, tulostamalla näistä kahdesta ohjelmasta ensin DWG-muotoon ja AutoCADissa 3D-DWF-formaattiin.

Novapointista, MagiCADista ja Revit Architecturesta DWF-formaattiin tulostaminen onnistui ongelmitta. Tällöin pystyttiin valitsemaan, haluttiinko tulostus 2D:nä vai 3D:nä. Novapointista ja MagiCADista ei tallentunut minkäänlaisia objektien ominaisuustietoja. Tähän oli varmaankin syynä kolmansien osapuolien kehittämät ohjelmat AutoCAD-ohjelman päälle.

Käytettyjen ohjelmien osalta DWF-formaatti toimi parhaiten Revit-ohjelman kanssa. Revitistä tulostaessa suunnitteluaineistosta tallentui eniten tietoa. Tulostusvaiheessa tiedoston tallennettavien ominaisuuksien valinta oli kattavin. Revit-ohjelmaa paljon käyttävien yritysten tulisi harkita DWF-formaattia suunnitteluaineiston esittämiseen. (Taulukko 3.)

Taulukko 3. Ominaisuudet DWF-formaattiin tulostettaessa.

	Tekla Structures	MicroStation	Novapoint	AutoCAD MagiCAD	Revit
DWF tulostus	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Tasot	Kyllä. AutoCADin kautta vietyinä	Kyllä. AutoCADin kautta vietyinä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Objektiominaisuudet	Ei	Ei	Ei	Ei	Kyllä
Komentointi-mahdollisuus	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
3D-tulostus	Tiedoston vienti AutoCADin kautta kyllä	Tiedoston vienti AutoCADin kautta kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä

PDF-tulostus onnistui kaikista käytetyistä ohjelmista. 3D-PDF-tiedoston luonti Revit ohjelmasta oli helppoa Bluebeam PDF-ohjelmalla. Tiedostoon tallentui 3D-malli ja objektitietoa, kuten pinta-ala, tilavuus ja objektin korkeus ja leveys. Tekla Structuresistä ja MicroStationista onnistui 3D-PDF:n luonti U3D-tiedoston avulla. Tekla Structuresia varten tarvittiin Teklan oma ilmainen Tekla Structures Publish to 3D-PDF -lisäosa. MicroStationista pystyi tuomaan suoraan ulos U3D-tiedoston ja liittämään sen PDF-tiedostoon Bluebeam-ohjelman avulla.

Revit ja Tekla Structures olivat ainoat ohjelmat, joista onnistui objektitiedon tallentaminen PDF-tiedostoon. Tämä ei kuitenkaan ollut yhtä kattavaa tietoa kuin DWF-tiedostoon tallentui.

PDF tuntui soveltuvan paremmin suoraan esittämiseen ja arkistointiin. Vähänkään monipuolisempia toimintoja, kuten mittaustyökaluja, ei löydy ilmaisesta Adobe Reader -ohjelmasta. (Taulukko 4.)

Taulukko 4. Ominaisuudet PDF-formaattiin tulostettaessa kyseisestä ohjelmasta.

	Tekla Structures	MicroStation	Novapoint	AutoCAD MagiCAD	Revit
PDF-tulostus	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Tasot	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Objektien ominaisuustieto	Kyllä	Ei	Ei	Ei	Kyllä
Kommentointimahdollisuus	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
3D-tulostus	U3D-tiedoston kautta kyllä	U3D-tiedoston kautta kyllä	Ei	Ei	Kyllä

IFC-aineistoa tarkasteltiin vain BIMsight ohjelmassa. BIMsightissa pystyttiin tarkastelemaan objektien ominaisuustietoa, suorittamaan törmäystarkasteluja ja asettamaan objektit näkyville ja piilottamaan. Objektien ominaisuustieto oli kattavaa. Kommentointityökalut olivat hyvät, esimerkiksi kommenttien tarkastelussa näkymä siirtyi siihen kohtaan, jossa kommentin tekijä oli ollut kommenttia tehdessään. Tämä helpotti kommenttien tarkastelua. Tekla luottaa vahvasti IFC-formaatin yleistymiseen rakentamisen mallintamisessa.

## 7 Johtopäätökset ja suositukset

Insinööriyön tavoitteena oli tutkia suunnittelutiedon vaihtoa suunnittelijan ja tilaajan välillä. Tavoitteena oli selvittää, miten tutkitut tiedostoformaatit soveltuvat suunnitteluaineiston esittämiseen ja kuinka helppoa tulosteiden tekeminen on työssä käytetyistä suunnitteluohjelmista.

Tutkimuksessa selvisi, miten eri tiedostoformaatteihin tulostaminen onnistuu käytännössä käytetyimmistä suunnitteluohjelmista. Formaattien ominaisuuksiin on helppo tehdä lisäselvityksiä tutkimalla niitä käytännössä ja ottamalla osaksi suunnitteluprosessia pilottihankkeen muodossa. Samalla selvisi, millaisia työvälineitä ja työtapoja suunnittelijat ylipäättään käyttävät tämän päivän suunnittelussa, ovatko suunnittelijat tyytyväisiä käytettyihin tapoihin ja menetelmiin ja toivoivatko he jotain muutosta tulevaisuudelta.

Suunnitteluaineiston esittäminen käyttäjäystävällisesti on tärkeää. Tällöin mahdollistetaan henkilön, joka ei ole aikaisemmin käyttänyt CAD-pohjaisia suunnitteluohjelmia, tarkastella, kommentoida ja tulostaa aineistoa helposti. Näin pystytään alentamaan kynnystä tutustua rikkaan tiedonsiirron hyötyihin. Tämä edellyttää ohjelmistokehittäjiä suunnittelemaan katseluohjelmien käyttöliittymät helposti lähestyttäviksi, mutta kuitenkin tarjoamaan tarpeeksi kattavat ominaisuudet laadukkaaseen tiedon tarkasteluun. Tällä tarkoitetaan mittaustyökaluja, helppoa ja monipuolista navigointia aineistossa ja kommentointityökaluja. Kommentointityökalujen tulisi olla sellaisia, että suunnittelijan olisi helposti ja nopeasti mahdollisuus päästä käsiksi tehtyihin kommentteihin ja huomioihin.

Haastattelujen pohjalta pystyi toteamaan, että suunnittelijat käyttivät vielä varsin perinteisiä tapoja välittää luonnoksia. Lisäksi suunnitteluaineiston kommentointia pystyttäisiin tehostamaan verrattuna sähköpostilla välitettäviin liitteisiin. Suunnittelijat näkivät 3D-ominaisuuden varteenotettavana vaihtoehtona aineiston visuaalisen esittämisen kannalta, mutta heillä ei ollut työkaluja 3D-aineiston luomista varten. Yksi haastatelluista koki, että DWF-formaattia voitaisiin koittaa pilottihankkeessa ja sen perusteella ottaa mahdollisesti laajempaan käyttöön.

Koulutuksella on suuri merkitys uusien toimintatapojen käyttöönotossa. Kouluttamalla henkilöt käyttämään uusia menetelmiä, voidaan tehostaa suunnittelutiedon välittämistä.

Jotta koulutus ei menisi hukkaan, on tärkeää, että uudet menetelmät otetaan säännölliseen käyttöön.

Katseluohjelmat Adobe Acrobat, Adobe Reader, Bluebeam Revu, Autodesk Design Review ja Tekla BIMsight toimivat hyvin. Ohjelmien käyttöönotto ja aineiston tarkastelu oli ongelmaton. Navigointityökalut olivat parhaimmat Design Reviewssa ja Tekla BIMsightissa, sillä PDF-ohjelmilla oli miltei mahdoton navigoida rakennuksen tietomallin sisään. Maksullisilla Adobe Acrobatilla ja Bluebeam Revulla onnistui myös PDF-tiedostojen luonti ja laajemmat muokkausmahdollisuudet.

Tilaajan puolella suunnitteluaineiston katseluohjelmien käyttöä tulisi tehostaa, jotta ohjelmien kommentointityökalut otettaisiin laajempaan käyttöön. Suunnitteluhankkeen alkaessa voitaisiin työskentelytavoista sopia tilaajan ja suunnittelijan kesken, jolloin myös mahdolliset lisäkoulutustarpeet tulevat esille.

Tutkimuskysymyksiin suunnitteluaineiston tulostusten osalta löydettiin hyvin vastauksia. Suunnittelijat joihin olin yhteydessä, luovuttivat työhön sopivan aineiston mielellään. Käytettyjen suunnitteluohjelmien lista oli hyvä, kattaen eri suunnittelualoilla käytetyt ohjelmat. Suunnitteluaineiston tulostuksien osalta lähdettiin liikkeelle tilanteesta, jossa aikaisemmin ei ollut hyödynnetty 3D-tulosteita tai rikasta suunnittelutietoa.

PDF-formaatista tiedettiin, että se on erittäin käytetty formaatti tiedonsiirrossa ja arkistoinnissa. Sitä ei tiedetty, kuinka hyvin se soveltuu suunnitteluaineiston osalta 3D-aineiston esittämiseen ja jääkö tällöin PDF-tiedostoon minkäänlaista ominaisuustietoa. Työn alussa tuli yllätyksenä, että Adobe ei enää itse kehitä 3D-PDF:ää. Tätä varten tarvittiin kolmannen osapuolen PDF-ohjelma. PDF-formaatti toimi parhaiten Tekla Structuresista ja Revitistä tulostettuna. Tällöin 3D-PDF:ään tallentui objektien ominaisuustietoa.

DWF-tiedostoformaatti oli tutkituista formaateista vähiten käytetty. Sen tiedettiin soveltuvan suunnitteluaineiston esittämiseen, mutta oli kokeiltava kuinka hyvin tulostukset eri suunnitteluohjelmista onnistuisivat. Tulostukset onnistuivat parhaiten Autodeskin Revit-ohjelmasta ja AutoCADIin pohjautuvista ohjelmista. Revitistä tulostus onnistui erittäin hyvin, mutta AutoCAD-pohjaisista MagiCADista ja Novapointista 3D-tulostukset olivat puutteellisia. Tällöin tiedostoihin ei tallentunut minkäänlaista ominaisuustietoa.

Pienimuotoinen yllätys oli, että näistä ohjelmista tulostukset eivät onnistuneet niin hyvin kuin olisi luullut.

Tulostukset onnistuivat parhaiten tietomallipohjaiseen suunnitteluun kehitetyistä ohjelmista eli Autodesk Revit ja Tekla Structuresta. Tällöin molemmista ohjelmista saatiin kahteen formaattiin tulostettaessa tallennettua rikasta suunnittelutietoa 3D-muodossa. Tekla Structuressa 3D-PDF- ja IFC-formaatteihin ja Revitissä 3D-PDF- ja DWF-formaatteihin.

Jatkotutkimusaiheina voidaan pitää DWF-formaatin käytännön kokeilua pilottihankkeen muodossa. Kyseinen formaatti on kumminkin kehitetty suunnitteluaineiston esittämistä varten. Mahdollisuutena olisi, että hankkeiden suunnitteluaineisto esitetään DWF-formaatissa ja kirjallinen materiaali PDF-formaatissa. Jos 3D-PDF- tai DWF-formaatti otettaisiin yrityksessä käyttöön, tulisi tarpeen laatia toimintasuunnitelma, kuinka formaatti otettaisiin käyttöön monialaisessa yrityksessä.

Loppuyhteenvetona voidaan todeta, että tällä hetkellä ei ole tarjolla yhtä tiedostoformaattia tukemaan kaikkia käsiteltyjä suunnitteluohjelmia rikkaan suunnitteluaineiston esittämisen osalta, vaikka sen esittäminen yleistyy tulevaisuudessa. Monialaisessa tietomallihankkeessa joudutaan suunnitteluaineiston vaihdon osalta tukeutumaan useampaan tiedostoformaattiin, mikäli tiedostossa halutaan tarjota taso-, objekti-, kommentointi- ja 3D-ominaisuuksia. Muutoin ominaisuuksia joudutaan karsimaan. Lisäksi käytettyjä kommunikointimenetelmiä tulisi uudistaa. Nykyisellään sähköpostilla ei voida välittää tiedostokooltaan kasvavia tiedostoja, ja lukuisten viestien hallinta muuttuu hankalaksi. Kommunikointi tehostuisi videoneuvottelujen ja viestintäohjelmien avulla, luomalla hankkeille omat keskusteluryhmät, jossa kaikki asianosaiset pidettäisiin ajan tasalla. Videoneuvottelujen avulla kaikille osapuolille voitaisiin esittää mallinnettua aineistoa ilman, että he olisivat samassa tilassa tai heillä olisi tietotaitoa tarkastella itse mallia. Tiedostojen jako siirtyisi puolestaan pilvipalveluihin.

## Lähteet

- 1 Hietanen, Jiri. 2006. Tiedon evoluutio. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustuotanto ja -talous. 6.6.2006 Luettu 29.4.2013.
- 2 Yritys. 2013. Verkkodokumentti. RYM Oy. <<http://www.rym.fi/yritys/>> Luettu 14.3.2013.
- 3 Tutkimusohjelmat. 2013. Verkkodokumentti. RYM Oy. <<http://www.rym.fi/tutkimusohjelmat/PRE/>> Luettu 14.3.2013.
- 4 FCG yritysesittely. 2012. PowerPoint esitys. Luettu 20.2.2013.
- 5 Sulankivi, Kristiina. 2004. Kokemuksia tuotemallin ja 4D:n hyödyntämisestä piilottihankkeessa. Verkkodokumentti. VTT. <[http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset\\_tulokset/proit\\_pilottiraportti.pdf](http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset_tulokset/proit_pilottiraportti.pdf)>. 7.10.2004. Luettu 15.2.2013.
- 6 Savisalo, Anssi. FCG Finnish Consulting Group. Keskustelu. 20.4.2013.
- 7 Taskinen, Harri. 2009. Acrobat julkaisijan apuvälineenä. Jyväskylä: Decendo.
- 8 Adobe PDF -lisätietoa. 2013. Verkkodokumentti. Adobe. <<http://www.adobe.com/fi/products/acrobat/adobepdf.html>> Luettu 20.2.2013.
- 9 Yares, Evan. 18.6.2012. 3D-PDF is important again. Verkkodokumentti. <<http://www.designworldonline.com/3d-pdf-is-important-again/>> Luettu 4.3.2013.
- 10 Isemayer, Uli. 2013. PDF/E and 3D PDF in European organizations. Verkkodokumentti. Liikearkistoyhdistys. <[http://www.liikearkistoyhdistys.fi/files/pdf-seminaari-16.1.-17.1.13\[3\].pdf](http://www.liikearkistoyhdistys.fi/files/pdf-seminaari-16.1.-17.1.13[3].pdf)> Luettu 4.4.2013.
- 11 About Design Review. 2013. Verkkodokumentti. Autodesk. <[http://wikihelp.autodesk.com/Design\\_Review/enu/2013/Help/0000-Getting\\_0/0001-About\\_De1](http://wikihelp.autodesk.com/Design_Review/enu/2013/Help/0000-Getting_0/0001-About_De1)> Luettu 18.2.2013.
- 12 Sheppard, Scott. 2010. What is DWF versus DWFx? Verkkodokumentti. <[http://dwf.blogs.com/beyond\\_the\\_paper/2010/02/what-is-dwf-versus-dwfx.html](http://dwf.blogs.com/beyond_the_paper/2010/02/what-is-dwf-versus-dwfx.html)> Luettu 20.2.2013.
- 13 Design Web Format. 2013. Verkkodokumentti. Wikipedia. <[http://en.wikipedia.org/wiki/Design\\_Web\\_Format](http://en.wikipedia.org/wiki/Design_Web_Format)> Luettu 16.4.2013.



- 14 Liebich, Thomas. 21.3.2013. IFC4 – What's new in IFC4? Verkkodokumentti. Buildingsmart. <[http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-releases/ifc4-release/buildingSMART\\_IFC4\\_Whatisnew.pdf](http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-releases/ifc4-release/buildingSMART_IFC4_Whatisnew.pdf)> Luettu 17.4.2013.
- 15 Penttilä, Hannu, Nissinen, Sampsa & Niemioja, Seppo. 2006. Tuotemallintaminen rakennushankkeessa yleiset periaatteet. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 16 LandXML. 2013. Verkkodokumentti. Giswiki. <<http://www.giswiki.org/wiki/LandXML>> Luettu 23.4.2013.
- 17 Comparison of DWF and PDF. 2006. Verkkodokumentti. <[http://dwf.blogs.com/beyond\\_the\\_paper/2006/06/comparison\\_of\\_d.html](http://dwf.blogs.com/beyond_the_paper/2006/06/comparison_of_d.html)> Luettu 2.4.2013.
- 18 Adobe Reader XI/Ominaisuudet. 2013. Verkkodokumentti. Adobe. <[http://www.adobe.com/fi/products/reader/features.html#categorylens\\_features](http://www.adobe.com/fi/products/reader/features.html#categorylens_features)> Luettu 21.2.2013.
- 19 Adobe Acrobat XI: Tuotevertailu. 2013. Verkkodokumentti. Adobe. <<http://www.adobe.com/fi/products/acrobat/product-comparison.html>> Luettu 21.2.2013.
- 20 Adobe XI Pro/Ominaisuudet. 2013. Verkkodokumentti. Adobe. <[http://www.adobe.com/fi/products/acrobatpro/features.\\_sl\\_id-contentfilter\\_sl\\_featuredisplaytypes\\_sl\\_new.html](http://www.adobe.com/fi/products/acrobatpro/features._sl_id-contentfilter_sl_featuredisplaytypes_sl_new.html)> Luettu 21.2.2013.
- 21 Bluebeam Revu. 2013. Verkkodokumentti. Bluebeam. <<http://www.bluebeam.com/us/support/release-notes.asp>> Luettu 9.4.2013.
- 22 Bluebeam Revu Compare. 2013. Verkkodokumentti. Bluebeam. <<http://www.bluebeam.com/us/products/revu/compare.asp>> Luettu 9.4.2013.
- 23 Cohn, Favid. 2008. Collaborating with AutoCAD and Autodesk Design Review. Verkkodokumentti. <<http://www.dscohn.com/AU/handouts/GD405-1%20Design%20Review-DOC.pdf>> Luettu 22.2.2013.
- 24 About Design Review. 2013. Verkkodokumentti. Autodesk Wikihelp. <[http://wikihelp.autodesk.com/Design\\_Review/enu/2013/Help/0000-Getting\\_0/0001-About\\_De1](http://wikihelp.autodesk.com/Design_Review/enu/2013/Help/0000-Getting_0/0001-About_De1)> Luettu 22.2.2013.
- 25 Wilkes, Stuart. 26.7.2011. Tekla BIMsight 1.2. Verkkodokumentti. <[http://aecmag.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=439&Itemid=32&cm\\_medium=test](http://aecmag.com/index.php?option=com_content&task=view&id=439&Itemid=32&cm_medium=test)> Luettu 19.4.2013.
- 26 Porkka, Janne, Jäväjä, Päivi & Malmi, Juho. 18.12.2012 BIMCity prosessikuvaus Kaavoitus, väylä- ja talosuunnittelu. Luettu 29.4.2013.

- 27 Savisalo, Anssi. 17.9.2012. Tietomallinnus. Verkkodokumentti. FCG.  
<[http://www.kuntamarkkinat.fi/portals/2/Savisalo%20Anssi\\_Tietomallinnus\\_kuma\\_1309.pdf](http://www.kuntamarkkinat.fi/portals/2/Savisalo%20Anssi_Tietomallinnus_kuma_1309.pdf)> Luettu 20.4.2013.
- 28 Salminen, Kaisa. 2013. Rakennushankkeiden tiedonsiirto kangertelee. Rakennuslehti. 7.2.2013, s. 10–11.

## Sisäiset haastattelukysymykset

Suunnitteluprosessi ja sen vaiheet. Pääpaino kohdissa missä tiedonvaihtoa tarvitaan.

- Haastateltavan työnimike
- Millaisia suunnittelutehtäviä työnkuvaasi kuuluu?
- Millaiseksi olet kokenut tiedonsiirron suunnittelijan ja tilaajan välillä?
- Miten ja missä tiedostomuodossa välität luonnokset asiakkaalle?
- Kuinka asiakas kommentoi lähettämääsi suunnitteluaineistoa? Toivoisitko tähän muutosta, millaista?
- Miten asiakas palauttaa kommentoidun aineiston takaisin?
- Ovatko tiedostoformaatit PDF ja DWF sinulle tuttuja suunnitteluaineiston välittämässä? Mitä osaat kertoa niistä?
- Millaisia haasteita näet tiedonvälittämisessä kokonaan sähköisessä formaatissa?
- Onko sinulla toivomuksia/kehitysideoita hankkeiden suunnitteluaineiston vaihdon tehostamiseen?

## Ulkoiset haastattelukysymykset

Suunnitteluprosessi ja sen vaiheet. Pääpaino kohdissa missä tiedonvaihtoa tarvitaan.

- Millaisia tehtäviä työnkuvaasi kuuluu?
- Millaiseksi olet kokenut tiedonsiirron suunnittelijan ja asiakkaan välillä?
- Miten ja missä tiedostomuodossa suunnittelija välittää luonnokset?
- Kuinka tilaajana kommentoit saatua aineistoa? Koetko tämän tavan hyväksi ja tehokkaaksi?
- Miten välität kommentoidun aineiston takaisin suunnittelijalle?
- Ovatko tiedostoformaatit PDF ja DWF sinulle tuttuja suunnitteluaineiston välittämässä? Mitä osaat kertoa niistä?
- Olisitko valmis kokeilemaan muutakin kuin PDF muotoista tiedostoa suunnitteluaineiston esittämisessä ja välittämisessä?
- Millaisia haasteita näet tiedonvälittämisessä kokonaan sähköisessä formaatissa?
- Onko sinulla toivomuksia/kehitysideoita hankkeiden suunnitteluaineiston vaihdon tehostamiseen?